

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO

Jaqueline Stumm

SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAÇÃO
ALIMENTAR VIA WEB BASEADO EM LÓGICA
FUZZY

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

Silvia Modesto Nassar

Orientador

Florianópolis, dezembro, 2005.

Sistema Inteligente de Monitoração Alimentar via Web Baseado em Lógica Fuzzy

Jaqueline Stumm

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de **Mestre em Ciência da Computação**, área de concentração **Sistemas de Conhecimento** e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Raul Sidnei Wazlawick, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora

Profa. Silvia Modesto Nassar, Dra
Orientador

Prof. Fernando Mendes de Azevedo, Dr

Profa. Maria Marlene de Souza Pires, Dra

Prof. Olinto José Varela Furtado, Dr

*“Não há nada na compreensão que
não estivesse primeiro nos sentidos”
(John Locke)*

*Dedico este trabalho com
todo amor e carinho a meu
pai Ilmo, minha mãe Noemia,
e minha irmã Carla. Família,
melhor e maior alicerce do ser
humano.*

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradecer a família pelo apoio moral e financeiro fundamental para o transcorrer desse período. Mesmo com as dificuldades impostas pela distância souberam me alimentar de energia e força para a realização de mais um dos meus objetivos.

A professora, orientadora, amiga e “mãe” Silvia Modesto Nassar, mulher determinada em seus objetivos, exemplo a ser seguido. Obrigada pela determinação, disponibilidade e ensinamentos, sensibilidades de uma grande mestra e todo o carinho e compreensão importantes para a evolução deste trabalho.

A querida co-orientadora Maria Marlene de Souza Pires, pessoa responsável pelo conhecimento médico contido neste trabalho.

A grande, fiel, e eterna amiga Cristina Goulart que mais uma vez esteve presente em uma etapa de minha vida. Agradeço pelo afeto, cumplicidade e amor incondicional.

A amiga e “irmã” Andréia Wojahn Abreu por todos os anos divididos e compartilhados.

Ao grande colega, amigo e parceiro Carlos Augusto Gonçalves Tibiriçá encontrado nesta jornada. Pessoa determinada em seus objetivos, colega incondicional na troca de conhecimento, parceiro de bons momentos.

Aos companheiros e amigos do Laboratório LEA pelos momentos vividos, que nem sempre foram fáceis, mas sempre superados. A convivência pode nos apresentar surpresas muito agradáveis.

A todos que de alguma forma se fizeram presentes e foram importantes para a conclusão de mais essa fase.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
RESUMO	XIV
ABSTRACT	XV
1 Introdução	1
1.1 Delineando o Problema	1
1.2 Relevância da Pesquisa	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Geral	3
1.3.2 Específicos	3
1.4 Trabalhos Correlatos	4
1.5 Organização da Dissertação	5
2 O Conhecimento Nutricional	7
2.1 Alimentação Saudável	7
2.2 Saúde e Educação Alimentar	11
2.2.1 Comportamento Alimentar	11
2.2.2 Educação Alimentar	14
2.2.3 Estratégias de Educação Alimentar	16
2.3 Considerações Finais	17
3 Revisão da Literatura	18
3.1 Informática em Saúde	18
3.2 Inteligência Artificial em Medicina	22
3.3 Lógica <i>Fuzzy</i>	25
3.3.1 Teoria dos Conjuntos <i>Fuzzy</i>	26
3.3.2 Propriedades e Operações <i>Fuzzy</i>	28
3.3.3 Variáveis Lingüísticas	31
3.4 Sistemas Especialistas <i>Fuzzy</i>	32

3.4.1	<i>Fuzzificação</i>	33
3.4.2	Inferência <i>Fuzzy</i>	37
3.4.3	<i>Desfuzzificação</i>	38
3.4.4	Adquirindo conhecimento para o SEF.....	41
3.4.4.1	Recolhendo Informações do Especialista.....	43
3.5	Considerações Finais.....	44
4	Metodologia Proposta	45
4.1	Caracterizando o Problema.....	45
4.2	Representação da Incerteza.....	45
4.3	Aquisição do Conhecimento.....	46
4.3.1	Atributos de Entrada.....	46
4.3.2	Valores Lingüísticos.....	47
4.3.3	Funções de Pertinência.....	47
4.3.4	Universo de Discurso.....	47
4.3.5	Base de Conhecimento.....	47
4.4	Máquina de Inferência.....	48
4.5	Análise dos Resultados.....	51
4.6	Considerações Finais.....	52
5	O Sistema HORUS	54
5.1	Definição do Sistema HORUS.....	54
5.2	Módulo Orientação Alimentar.....	54
5.3	Módulo Monitoração Alimentar.....	55
5.3.1	Definindo as calorias.....	58
5.3.2	Escolhendo a refeição.....	58
5.3.3	Escolhendo os alimentos.....	59
5.3.4	Diagnóstico alimentar por macronutrientes.....	59
5.3.4.1	<i>Fuzzificando</i> os dados de entrada.....	60
5.3.4.2	Avaliando as regras.....	61
5.3.4.3	Análise dos resultados.....	62
5.3.5	Diagnóstico alimentar por refeição.....	64
5.3.5.1	Processo de <i>fuzzificação</i>	64
5.3.5.2	Avaliando regras.....	66

5.3.5.3 Análise dos resultados.....	67
5.4 Testes e Resultados.....	68
5.4.1 Avaliação Alimentar para 1200 kcal.....	69
5.4.1.1 Diagnóstico alimentar por macronutrientes para uma dieta alimentar de 1200 kcal.....	69
5.4.1.2 Diagnóstico Alimentar por Refeição para uma dieta alimentar de 1200 kcal.....	71
5.4.1.3 Resultados das Avaliações do Diagnóstico Alimentar para uma dieta alimentar de 1200 kcal.....	74
5.4.2 Avaliação Alimentar para 2000 kcal.....	74
5.4.2.1 Diagnóstico alimentar por macronutrientes para uma dieta alimentar de 2000 kcal.....	74
5.4.2.2 Diagnóstico alimentar por refeição para uma dieta alimentar de 2000 kcal.....	76
5.4.2.3 Resultados das Avaliações do Diagnóstico Alimentar para uma dieta alimentar de 2000 kcal.....	79
6 Conclusões.....	80
6.1 Trabalhos Futuros.....	81
7 Referências.....	82
Anexo I - Projeto de atendimento nutricional oferecido para crianças e adolescentes proposto no Centro de Pesquisas Aplicadas à Saúde (CEPAS), da Universidade São Marco [FIS 04].....	89
Anexo II - Base de Alimentos dividido em grupos alimentares - do artigo “Pirâmide Alimentar para crianças de 2 a 3 anos” [PHI 03].....	90
Anexo III - Cardápios alimentares para diferentes níveis calóricos.....	96
Apêndice I - Base de Regras.....	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Pirâmide Alimentar.....	9
Figura 2.2 – Pirâmide Alimentar Brasileira.....	10
Figura 3.1 – Taxinomia da Incerteza.....	26
Figura 3.2 – Conjuntos <i>Fuzzy</i> para a variável idade.....	39
Figura 3.3 – Ilustração gráfica das propriedades núcleo, suporte, limite e altura.....	30
Figura 3.4 –Estrutura de um sistema <i>fuzzy</i>	33
Figura 3.5 – Processo de <i>Fuzzificação</i>	34
Figura 3.6 – Função de pertinência triangular.....	35
Figura 3.7 – Função de pertinência trapezoidal.....	35
Figura 3.8 – Função de pertinência sino.....	36
Figura 3.9 – Função de pertinência S.....	36
Figura 3.10 – Função de pertinência Z.....	37
Figura 3.11 – Regras de Avaliação.....	38
Figura 3.12 – <i>Desfuzzificação</i>	39
Figura 3.13 – Exemplo do método de <i>desfuzzificação</i> MM.....	40
Figura 3.14 – Exemplo do método de <i>desfuzzificação</i> CA.....	40
Figura 3.15 – Exemplo do método de <i>desfuzzificação</i> MA.....	41
Figura 3.16 – Processo típico de interação entre o especialista e o engenheiro do conhecimento.....	42
Figura 4.1 – Resultados das inferências para o primeiro teste.....	50
Figura 4.2 – Resultados das inferências para o segundo teste.....	50
Figura 4.3 – Régua de adequação alimentar.....	52
Figura 4.4 – Metodologia de construção do sistema HORUS.....	53
Figura 5.1 – Diagrama de fluxo de processamento do sistema HORUS para o módulo de Monitoração Alimentar.....	57
Figura 5.2 – Parâmetros das funções de pertinência para a variável Carboidrato.....	60
Figura 5.3 – Parâmetros das funções de pertinência para a variável Proteína.....	61
Figura 5.4 – Parâmetros das funções de pertinência para a variável Lipídio.....	61

Figura 5.5 - Tabelas com as calorias por macronutrientes e porções de fibras consumidas durante dieta alimentar diária.....	63
Figura 5.6 - Resultado da avaliação alimentar por macronutrientes e indicadores de mudanças de hábitos alimentares.....	63
Figura 5.7 - Gráfico comparativo das calorias ingeridas durante refeições em uma dieta alimentar.....	64
Figura 5.8 – Parâmetros das funções de pertinência para a variável Café da Manhã.....	65
Figura 5.9 – Parâmetros das funções de pertinência para a variável Almoço.....	65
Figura 5.10 – Parâmetros das funções de pertinência para a variável Jantar.....	66
Figura 5.11 – Parâmetros das funções de pertinência para a variável Colação.....	66
Figura 5.12 - Calorias consumidas por refeição durante avaliação alimentar.....	67
Figura 5.13 – Resultado da avaliação alimentar diária por refeição e indicadores de mudanças de hábitos alimentares.....	67
Figura 5.14 – Gráfico comparativo das calorias ingeridas durante refeições em uma dieta alimentar.....	68
Figura 5.15 – Comparação do resultado da inferência com a régua de adequação alimentar.....	70
Figura 5.16 - Resultado da avaliação alimentar para macronutrientes para uma dieta de 1200 kcal diárias.....	70
Figura 5.17 - Calorias consumidas por macronutrientes para uma dieta alimentar de 1200 kcal.....	70
Figura 5.18 – Gráfico comparativo da avaliação alimentar de macronutrientes e fibras para uma dieta diária de 1200 kcal.....	71
Figura 5.19 - Comparação do resultado da inferência com a régua de adequação alimentar.....	72
Figura 5.20 – Resultado da avaliação alimentar por refeição para uma dieta de 1200 kcal.....	72

Figura 5.21 – Calorias consumidas por refeição para uma dieta alimentar de 1200 kcal.....	73
Figura 5.22 - Gráfico comparativo da avaliação alimentar para refeições para uma dieta diária de 1200 kcal.....	73
Figura 5.23 – Comparação do resultado da inferência com a régua de adequação alimentar.....	75
Figura 5.24 - Resultado da avaliação alimentar para macronutrientes para uma dieta de 2000 kcal diárias.....	75
Figura 5.25 - Calorias consumidas por macronutrientes para uma dieta alimentar de 2000 kcal.....	76
Figura 5.26 – Gráfico comparativo da avaliação alimentar de macronutrientes e fibras para uma dieta diária de 2000 kcal.....	76
Figura 5.27 – Comparação do resultado da inferência com a régua de adequação alimentar.....	77
Figura 5.28 – Resultado da avaliação alimentar por refeição para uma dieta de 2000 kcal.....	78
Figura 5.29 - Calorias consumidas por refeição para uma dieta alimentar de 2000 kcal.....	78
Figura 5.30 - Gráfico comparativo da avaliação alimentar para refeições para uma dieta diária de 2000 kcal.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Principais t-normas.....	31
Tabela 3.2 – Principais t-conormas.....	31
Tabela 3.3 – Principais operadores de implicação.....	50
Tabela 5.1 – Graus de pertinência aos conjuntos <i>fuzzy</i> das entradas dos macronutrientes.....	69
Tabela 5.2 – Graus de pertinência aos conjuntos <i>fuzzy</i> das entradas das refeições.....	71
Tabela 5.3 – Graus de pertinência aos conjuntos <i>fuzzy</i> das entradas dos macronutrientes para uma dieta diária de 2000 kcal	74
Tabela 5.4 – Graus de pertinência aos conjuntos <i>fuzzy</i> das entradas das refeições.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS

ABESO – Associação Brasileira para Estudo da Obesidade

CAAA – Centro de Atendimento e Apoio ao Adolescente

DCNT – Doenças Crônicas Não Transmissíveis

GEPB – Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica

IA – Inteligência Artificial

IAM – Inteligência Artificial em Medicina

INTA – Instituto de Nutrição e Tecnologia dos Alimentos

KCAL - calorias

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

SADM – Sistema de Apoio à Decisão Médica

SE – Sistema Especialista

SEF – Sistema Especialista *Fuzzy*

TCA – Transtorno da Conduta Alimentar

Resumo

Este trabalho descreve a construção de sistemas de conhecimento aplicado ao apoio à decisão médica, utilizando sistemas especialistas baseados na lógica *fuzzy*. Um sistema para auxiliar no monitoramento alimentar foi desenvolvido como forma de avaliar a alimentação diária, tanto qualitativamente quanto quantitativamente. O sistema chamado HORUS avalia a distribuição dos nutrientes de uma refeição diária e a distribuição calórica durante cada refeição. O sistema HORUS tem um caráter educacional formal na medida em que foi usado conhecimento médico (exemplo a pirâmide alimentar) como forma de escolha dos alimentos e de suas porções. O Sistema possui também um módulo com informações científicas sobre uma refeição saudável e apresenta conceitos, que para muitos podem ser obscuros, como hábitos de vida e atitude pessoais, fatos e informações que muitas vezes modificam pré-conceitos, orientando dessa forma os usuários do sistema para a prática de uma alimentação adequada. O sistema HORUS foi desenvolvido para pessoas de sete (07) a vinte (20) anos, e a avaliação nutricional ocorre para uma alimentação de 2000 calorias diárias. Entretanto, HORUS possui um caráter adaptativo, permitindo monitorar a alimentação para outros valores de total calórico diário, sendo desejável, nesse caso, o acompanhamento de um profissional de nutrição. Outra vantagem de HORUS é o emprego de uma das mais conhecidas e utilizadas das tecnologias atuais, a Internet, tornando-se assim uma aplicação baseada na *Web*. Poderão também ser usuários desse sistema médicos, nutricionistas e demais profissionais de uma equipe nutricional, pois o estudo do resultado da avaliação alimentar diária do indivíduo sendo acompanhado por especialistas poderá ser mais consistente e efetivo. Os testes para avaliação do sistema HORUS foram feitos a partir de cardápios fornecidos pelo especialista do sistema para diferentes níveis calóricos e os resultados apresentados pelo sistema foram considerados satisfatórios.

Palavras Chaves: Inteligência Artificial, Lógica *Fuzzy*, Sistemas Especialistas *Fuzzy*, Monitoração Alimentar, Educação Alimentar.

Abstract

This work describes the construction of information systems applied to supporting medical decisions, utilizing expert systems based on fuzzy logic. A system to assist in diet monitoring was developed as a means of evaluating daily diet, both qualitatively and quantitatively. The system, called HORUS, evaluates the distribution of nutrients in daily meals and the caloric distribution of each meal. The HORUS system has formal educational characteristics, as it uses medical knowledge (for example, the food pyramid) as a means of choosing food and proportions. The system also possess a module with scientific information about healthy meals and concepts, which for many people are obscure, such as life habits and personal attitude. It presents facts and information that often change preconceptions, directing the users of the system toward the practice of healthy nutrition. The HORUS system was developed for people from seven (7) to twenty (20) years-old, and the nutritional evaluation assumes a daily goal of 2000 calories. However, HORUS is adaptive, permitting diet-monitoring for other daily calorie goals. In this case, the assistance of a nutritional professional is desirable. Another advantage of HORUS is that it employs one of the most recognized and utilized technologies today, the Internet, because HORUS is a web-application. Doctors, nutritionists, and other professionals in a nutritional team can also be users of this system, as the study of the results of the diet evaluation can be more consistent and effective under the supervision of experts. Tests to evaluate HORUS were carried out in conjunction with menus provided by the system specialist for different caloric levels and the results presented by the system were considered satisfactory.

Keyword: Artificial Intelligence, Fuzzy Logic, Fuzzy Expert Systems, Diet Monitoring, Nutritional Education

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1. DELINEANDO O PROBLEMA

Sistemas computacionais vêm sendo desenvolvidos para modelagem de problemas do mundo real. Em muitas dessas situações verifica-se a presença de incerteza sendo necessário, portanto, sua modelagem e representação computacional.

Segundo Bittencourt [BIT 01], diariamente as pessoas são “bombardeadas” por novos conhecimentos e elas encontram alguma maneira de analisar e compreender essa informação obtida. O mesmo deve, ou pelo menos deveria ocorrer em sistemas baseados em conhecimento, quando desenvolvidos para o tratamento de informações imperfeitas, ou seja, que informações incompletas, inexatas ou incertas.

Sistemas Especialistas são programas computacionais capazes de analisar dados de uma maneira que, se tivessem sido realizadas por um ser humano, seriam analisadas de forma inteligentes [WID 98]. Esses sistemas atendem a uma aplicação limitada do conhecimento humano emitindo uma decisão com base em informações justificadas, da mesma forma que um especialista resolve um problema de determinada área do conhecimento. Dessa forma percebe-se que essa técnica de Inteligência Artificial foi desenvolvida para se resolver problemas em um determinado domínio usando o conhecimento de pessoas que são especialistas neste domínio [CAM 99].

Os Sistemas Especialistas para a Medicina surgiram ao final da década de 1970 e início de 1980. Os primeiros sistemas estiveram fortemente relacionados a sistemas de apoio ao diagnóstico e à tomada de decisão em domínios clínicos, sendo pioneiro o MYCIN de Shortliffe, sendo este seguido por numerosos trabalhos nesta área [WID 98].

Os domínios para os quais os Sistemas Especialistas são desenvolvidos muitas vezes possuem descrições incompletas, inexatas ou incertas. Os Sistemas Especialistas se caracterizam justamente pelo tratamento dessas incertezas que não são representadas por nenhuma teoria geral [BIT 01].

Sistemas Especialistas para auxiliar a decisão médica buscam representar a incerteza presente no conhecimento médico em determinado domínio. Em geral, esta incerteza se refere a informação incompleta e inexata fornecida pelos pacientes e pela

difficuldade de médicos justificarem, com exatidão, um diagnóstico ou o tratamento escolhido [WID 98].

A incerteza presente nas informações para a avaliação alimentar se encontra em diversas fases dessa avaliação. O intervalo percentual presente na definição calórica dos macronutrientes demonstra a imprecisão para definir o número correto de calorias, em relação ao total diário, que deve ser ingerida para obter uma alimentação balanceada. Também se encontra incerteza na definição calórica das refeições. Mesmo as calorias não pertencendo a um intervalo, como nos macronutrientes, é difícil definir o percentual calórico exato que cada refeição deve ter em relação ao total diário.

Diversos métodos foram propostos para tratar do problema da incerteza, por exemplo, método Bayesiano, fatores de certeza, teoria de Dempster-Shafer, teoria de possibilidades e teoria dos conjuntos *fuzzy* [BIT 01].

A teoria dos conjuntos *fuzzy* e a lógica *fuzzy* introduzida formalmente por Zadeh em 1965, surgiu como uma abordagem alternativa para o tratamento de problemas que apresentam incerteza por imprecisão. Essa lógica lida com avaliação de expressões que contenham valores incertos e imprecisos [THE 01] [SIL 04].

Considerando o exposto anteriormente, esta pesquisa busca contribuir na modelagem computacional do seguinte problema de pesquisa: monitorar a qualidade alimentar diária de crianças e adolescente de 07 a 20 anos para diferentes níveis calóricos, tratando das incertezas presentes no processo da avaliação alimentar.

1.2. RELEVÂNCIA DA PESQUISA

A relevância da pesquisa está focada em dois domínios de aplicação, o domínio da Ciência da Computação e o domínio da Nutrição.

No domínio da Ciência da Computação:

- Desenvolver sistema baseado em conhecimentos utilizando técnicas de Inteligência Artificial;
- Formalizar o conhecimento do especialista humano em um sistema inteligente;
- Explorar a representação e o tratamento de incertezas por meio da lógica *fuzzy*;

- Criar um protótipo eficiente com aplicação de fácil manuseio pelo usuário final e que cumpram os objetivos estabelecidos,
- Desenvolver sistema para *Web*.

No domínio da Nutrição:

- Auxiliar o especialista ou profissional da área na tarefa de avaliação alimentar por meio do monitoramento da alimentação;
- Usar o sistema em instituições como hospitais, escolas, universidades, centros de saúde, para apoio à profissionais da área da saúde;
- Utilizar a informática como ferramenta de apoio no contexto educativo, fomentando o conhecimento das pessoas sobre formas saudáveis de vida.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Geral

O objetivo geral desta pesquisa é propor um sistema inteligente via *Web*, baseado em lógica *fuzzy*, para a monitoração alimentar tratando as incertezas relacionadas ao processo de avaliação alimentar.

1.3.2. Específicos

- Descrever a área de aplicação (avaliação alimentar e educação alimentar) e identificar os elementos de incerteza presentes na aplicação;
- Descrever a evolução da informática na área da saúde;
- Investigar a lógica *fuzzy* para modelar a incerteza presente na aplicação proposta;
- Conhecer a estrutura de sistemas computacionais inteligentes que utilizam o conceito da lógica *fuzzy*;
- Formalizar o conhecimento do especialista em nutrição;
- Desenvolver o sistema proposto utilizando-se o conhecimento do especialista da aplicação;
- Avaliar o sistema desenvolvido.

1.4. TRABALHOS CORRELATOS

Esta parte do trabalho objetiva pesquisar alguns sistemas desenvolvidos para a medicina, principalmente aqueles referentes à área nutricional, que é o domínio da pesquisa.

Durante a busca por trabalhos correlatos ao que será desenvolvido, verificou-se que o uso das técnicas computacionais está quase que totalmente voltado ao planejamento de dietas e cardápios alimentares e a avaliação nutricional, deixando a desejar no que se refere a monitoração de dietas alimentares.

Por meio dessa pesquisa chegou-se a relação de alguns trabalhos que serão apresentados a seguir.

- **CAMP:** sistema utilizado para sugerir menus para os usuários baseados na composição do nutriente do alimento, no tipo de porção e no número de lanches. A técnica empregada pelo sistema é a CBR, raciocínio baseado em casos [MAR 96].
- **PRISM:** sistema padrão para seleção inteligente de menus que utiliza regras que relacionam os menus e padrões de refeição [KOV 95].
- **CAMPER:** sistema híbrido que utiliza a integração das técnicas empregadas no CAMP e no PRISM. Utiliza separadamente a técnica de raciocínio baseado em casos e as regras para analisar o módulo, aumentando, dessa forma, a sugestão de menus. [PET 98].
- **Programa de planejamento de menus para pacientes diabéticos:** esse programa utiliza um algoritmo de seleção de alimentos, baseando-se na entrada de preferência alimentar, que combina preferências do paciente e produz um menu que varia diariamente com os alimentos que o paciente gosta [WHE 80].
- **DietPal:** sistema de gerenciamento e geração de menus baseado na *Web*. Tem a capacidade de calcular os nutrientes dos alimentos e as calorias diárias necessárias de cada paciente baseando-se nas recordações dietéticas. Gera também dietas e cardápios apropriados as exigências calóricas e nutricionais do paciente, calculadas através das medidas antropométricas [NOA 04].
- **VIE-PNN:** sistema especialista baseado em regras que possibilita a composição de nutrição parental para neonatos em unidade de tratamento intensivo [HOR 98].
- **Sistema para diagnóstico nutricional e prescrição dietética:** esse sistema utiliza a técnica do raciocínio baseado em casos para utilizar como saída do sistema casos

passados que foram solucionados com sucesso. A lógica *fuzzy* empregada no sistema verifica a semelhança dos atributos aproximando-os através de valores numéricos para se tornarem mais parecidos com o pensamento humano [THE 01].

- **Sistema híbrido para avaliação nutricional:** utilizando informações das medidas antropométricas do paciente, analisam os dados que contém incerteza e o tipo de incerteza que eles caracterizam, sendo cada um tratado por uma técnica adequada de tratamento de incerteza [TIB 05].

O principal interesse e a característica que distingue o sistema a ser desenvolvido dos outros sistemas pesquisados é que ele é destinado à monitoração alimentar enquanto que os demais sistemas estão focados na geração e prescrição de menus ou cardápios alimentares. O Sistema proposto usa uma técnica da Inteligência Artificial, alia a utilização da tecnologia atual da Internet apresentando um caráter educacional para promover a orientação alimentar. Ressalta-se a característica de ser um sistema de monitoração que a partir da escolha dos alimentos pelo usuário faz a avaliação da alimentação escolhida, isto é, busca perceber o mundo real alimentar do usuário para oferecer a avaliação.

Escolheu-se chamar o sistema desenvolvido de HORUS por ser um deus egípcio ligado à medicina. Filho dos deuses Ísis e Osíris, HORUS representa a luta entre forças opostas, o triunfo do bem sobre o mal.

1.5. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Com o objetivo de orientar a leitura desta dissertação, apresenta-se a organização de seus capítulos:

- Capítulo 1 - Introdução: este capítulo insere o problema a ser tratado na dissertação; define qual o objetivo geral e objetivos específicos da pesquisa; apresenta também trabalhos correlatos, mostrando alguns dos sistemas já desenvolvidos nesta área de aplicação.
- Capítulo 2 – O Conhecimento Nutricional: este capítulo compreende o problema Alimentar, centrando-se na alimentação saudável e educação alimentar.
- Capítulo 3 – Revisão da Literatura: este capítulo apresenta a fundamentação teórica para o desenvolvimento dos capítulos posteriores. Baseando-se no foco do problema, a pesquisa inicia-se pelo surgimento e evolução da informática na

saúde, e a Inteligência Artificial na Medicina. Em seguida, são apresentados os conceitos da lógica *fuzzy*, o Sistema Especialista *Fuzzy* e sua estrutura.

- Capítulo 4 – Metodologia Proposta: trata da aplicação dos conhecimentos do capítulo anterior e apresenta a metodologia utilizada na construção do sistema HORUS proposto.
- Capítulo 5 – O Sistema HORUS: descreve a construção do sistema HORUS e apresenta os testes realizados para sua validação, relacionando alguns trabalhos futuros.
- Capítulo 6 – Conclusões: apresenta as conclusões sobre o estudo, apresentando observações e considerações acerca deste.

A dissertação se encerra com a listagem das referências utilizadas para a execução do trabalho.

CAPÍTULO II

O CONHECIMENTO NUTRICIONAL

2.1. ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL

A importância da nutrição durante todo o ciclo vital é absolutamente óbvia. O ser humano precisa alimentar-se para sobreviver. Mas como deve ser feita a seleção dos alimentos para se obter uma alimentação saudável?

Pedro Escudeiro, médico argentino, estabeleceu as Leis da Alimentação, que definem a alimentação equilibrada como sendo “quantitativamente suficiente, qualitativamente completa, além de harmoniosa em seus componentes, e adequada à sua finalidade e ao organismo a que se destina” [TIR 02]:

1ª: Lei da quantidade

A quantidade de alimentos deve ser suficiente para cobrir as exigências energéticas do organismo e manter em equilíbrio seu balanço.

As calorias que são ingeridas devem ser suficientes para permitir o cumprimento das atividades de uma pessoa, bem como manter a temperatura constante do corpo.

As diferentes atividades determinam exigências calóricas diferentes. Deve haver uma distribuição entre os alimentos. Não é uma questão de simples contagem de calorias, mas sim de distribuir estas calorias entre alimentos com função plástica, reguladora e energética.

2ª: Lei da qualidade

O regime alimentar deve ser completo em sua composição, para oferecer ao organismo, que é uma unidade indivisível, todas as substâncias que o integram. O regime completo inclui todos os nutrientes, que devem ser ingeridos diariamente.

3ª: Lei da harmonia

As quantidades dos diversos nutrientes que integram a alimentação devem guardar uma relação de proporção entre si, como por exemplo, relação cálcio/fósforo.

4ª: Lei da adequação

A finalidade da alimentação está subordinada à sua adequação ao organismo. A adequação, por sua vez, está subordinada ao momento biológico da vida, e, além disso,

deve adequar-se aos hábitos individuais, à situação econômico-social do indivíduo, e, em relação ao enfermo, ao seu sistema digestivo e ao órgão ou sistemas alterados por enfermidades.

Segundo Dutra-de-Oliveira [DUT 98], a escolha dos alimentos a serem ingeridos deve ser baseada na variedade de alimentos conjuntamente com a quantidade de nutrientes necessárias para o organismo funcionar adequadamente, obtendo dessa forma uma alimentação quantitativa e qualitativamente saudável.

Os nutrientes encontrados nos alimentos são classificados em macro e micronutrientes. Os macronutrientes, - proteínas, carboidratos e gorduras -, são ingeridos em grandes quantidades, fornecendo energia ao organismo. Os micronutrientes, -vitaminas e minerais -, não fornecem energia ao organismo mas são essenciais para o bom desempenho do corpo, sendo necessários em pequenas quantidades [TIR 02].

Para obter uma alimentação balanceada os macronutrientes devem ser ingeridos na porcentagem de 50 a 60 de carboidratos, 25 a 30 de lipídios e 10 a 15 de proteínas. Essas porcentagens estão relacionadas com o total de calorias necessárias diariamente [PHI 03] [TIR 02].

Os guias alimentares, que podem ser expressos na forma de pirâmide, arco íris, entre outras, objetivam a orientação alimentar da população, informando sobre os alimentos e os nutrientes que os compõe. Os guias também promovem a orientação nutricional informando sobre hábitos alimentares saudáveis, como a seleção, a forma e o número de porções de alimentos que devem ser consumidos [PHI 03] [DUT 98].

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture – USDA) adotou em 1992 a pirâmide alimentar como uma forma gráfica de distribuição dos alimentos, sendo, a partir daí, utilizada por diversos países como instrumento de educação da população em relação à qualidade e à quantidade de alimentos a serem ingeridos. É instrumento simples e prático que oferece conceitos alimentares importantes [DUT 98] [TIR 02].

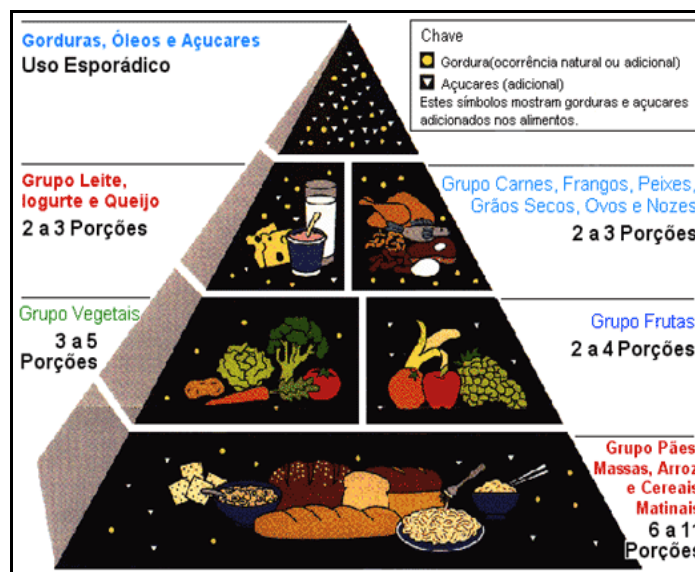


Figura 2.1: Pirâmide Alimentar [USD 04]

As populações diferem em diversos fatores como hábitos alimentares, disponibilidades de alimentos, crenças entre outros conceitos. Tendo por base esse conhecimento, foi feito um estudo que resultou na adaptação da pirâmide original às necessidades da população brasileira, figura 2.2, que é descrita por Tirapegui [TIR 02] da seguinte maneira:

Base da pirâmide: este nível da pirâmide é constituído por alimentos ricos em carboidratos, ou seja, cereais, tubérculos e raízes. Originalmente, a pirâmide alimentar proposta pelos americanos sugeria o consumo de seis a onze porções deste grupo alimentar; porém, de acordo com a adaptação brasileira, sugere-se a ingestão de cinco a nove porções destes alimentos.

Segundo nível: representa os alimentos ricos em fibras, sais minerais e água, ou seja, hortaliças e frutas. Devido ao fato das frutas e hortaliças serem alimentos comuns à dieta e de fácil acesso à população brasileira, as porções originais, pirâmide norte-americana, foram aumentadas para três a cinco no grupo das frutas, e para quatro a cinco no grupo de hortaliças.

Terceiro nível: ao contrário da pirâmide americana, que reuniu os alimentos ricos em proteínas em um único grupo, a adaptação brasileira teve a preocupação de subdividir este nível de acordo com a qualidade protéica de cada tipo de alimentos, levando em consideração ainda os hábitos alimentares da população-alvo e a

contribuição de micronutrientes de cada tipo de alimento. O resultado desta subdivisão apresenta-se da seguinte forma:

- *Grupo de leite e derivados*: rico em proteínas, cálcio, magnésio e riboflavina (vitamina B₂). O leite mereceu atenção especial pelo fato de ser fonte de cálcio, micronutriente importante em todas as fases da vida.
- *Grupo das carnes e ovos*: rico em proteínas, e, com relação às carnes, também em ferro, zinco e algumas vitaminas do complexo B. A adaptação brasileira sugere o consumo de uma a duas porções deste grupo.
- *Grupo das leguminosas*: devido ao fato das leguminosas serem comuns na alimentação básica do brasileiro, principalmente o feijão, achou-se conveniente colocá-las à parte, uma vez que não possuem os mesmos valores nutritivos que carnes e ovos. Além disso, são os produtos isolados que mais contribuem para o consumo de proteínas em nossa população, não podendo ser substituídas uma pelas outras, sem o necessário ajuste no equilíbrio de aminoácidos, que é dado pelo consumo simultâneo com o arroz.

Topo da pirâmide: representa alimentos ricos em gordura e açúcares, devendo ser consumidos com moderação. Por esta razão permanecem no topo da pirâmide, onde o espaço é menor, sugerindo a idéia de moderação (óleos e gorduras: uma a duas porções; açúcares e doces: uma a duas porções).

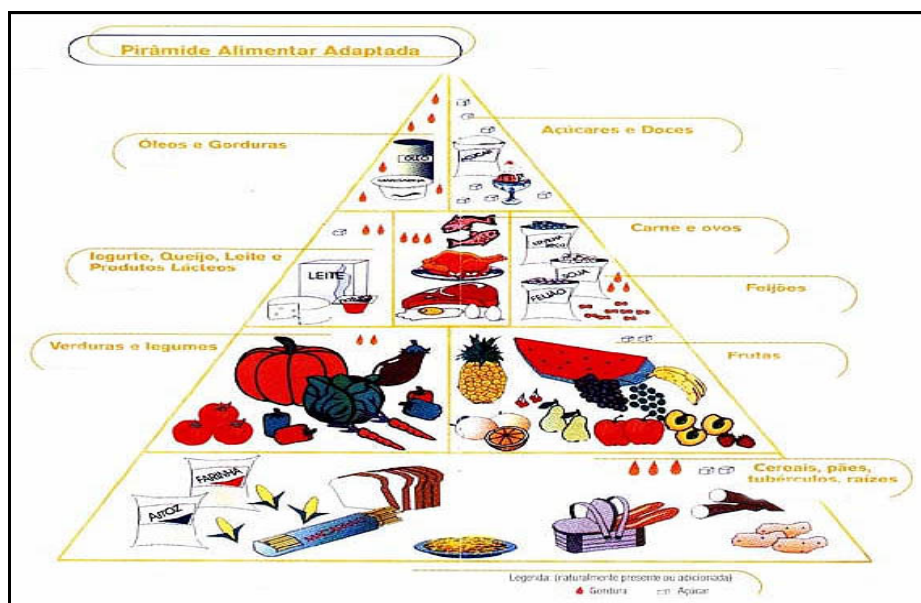


Figura 2.2: Pirâmide Alimentar Brasileira [TIR 02]

O número de porções para cada grupo da pirâmide alimentar é definido de acordo com as recomendações calóricas que são definidas relacionando a faixa etária dos indivíduos e o nível de atividade física. O tamanho das porções dos alimentos é determinado de forma a facilitar seu entendimento, tornando dispensável o uso da pesagem dos alimentos [DUT 98].

Uma porção normalmente pode ser igual a um número de calorias, podendo também ter equivalência em gramas. Por exemplo, uma porção pode ter 35 kcal ou 120 kcal, como pode ser observado no ANEXO II, ou ainda 100 gramas. Para tornar mais fácil a compreensão das porções, será informado no sistema desenvolvido a porção em medida caseira (colher, fatia, unidade, entre outros), seu referencial em calorias e peso em gramas para cada alimento disponível nos diferentes grupos da pirâmide alimentar.

Além da distribuição correta dos nutrientes, para se obter uma alimentação adequada e balanceada é desejável que o indivíduo faça seis refeições diárias divididas em café da manhã, almoço e jantar, sendo estas intercaladas por refeições, também chamadas de lanches. A distribuição do valor calórico total para cada refeição é calculada de acordo com as recomendações para a idade [PHI 03].

2.2. SAÚDE E EDUCAÇÃO ALIMENTAR

2.2.1. Comportamento Alimentar

Segundo Motta [MOT 91], "o alimento é uma necessidade básica. É, fundamentalmente, um direito do homem, que se relaciona com a natureza para dela extrair as substâncias de que necessita para seu sustento, seu bem-estar, para o desenvolvimento de suas potencialidades. Somos o que comemos".

De acordo com as conclusões de Ramalho [RAM 00], "os hábitos alimentares e as necessidades nutricionais do homem contemporâneo tiveram início no passado pré-histórico, e as práticas alimentares sofreram adaptações muitas vezes para hábitos pouco saudáveis, o que constitui desvantagem para a saúde, associando-se com os desvios ponderais e desenvolvimento de deficiências nutricionais múltiplas ou específicas".

A escolha por alguns alimentos e o não uso de outros faz parte do comportamento alimentar do indivíduo que lhe é passado por gerações, sendo que estes formaram seu comportamento levando em conta à tradição, hábitos, crenças, valores e tabus. Para

Ramalho [RAM 00], “a comensalidade permeia todas as relações sociais de diferentes classes de uma sociedade apresentando sempre uma dimensão cultural, e o comprometimento com os padrões culturais são capazes de impedir ou diminuir o consumo de alimentos”.

O uso de vegetais na alimentação do brasileiro é reflexo dos padrões culturais. Introduzidos no Brasil pelos escravos negros, colonizações com pouca influência negra tendem a ter um despreço por este tipo de alimento. Outro aspecto da comensalidade é a separação ocorrida em certas camadas sociais, diferenciando alimentos em comida ou não. Para alguns, feijão, arroz e carnes são considerados comida, enquanto que verduras, legumes e frutas são mencionados apenas como alimentos que servem para “tapear a fome” [RAM 00].

Visando a importância nutricional de cada alimento, a exclusão ou o baixo consumo de alimentos associados a fatores culturais e hábitos alimentares deve ser fonte de estudos para a modificação desse comportamento, pois o mau comportamento alimentar pode acarretar o aparecimento de doenças.

Doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) tiveram significativo aumento nas últimas décadas devido às mudanças ocorridas no hábito alimentar da população. Em consequência de práticas alimentares incorretas houve o crescimento do número de diferentes tipos de doenças, entre elas obesidade, enfermidades cardiovasculares, hipertensão arterial, *diabetes mellitus*, osteoporose, anemia e câncer, sendo estas as principais causas de morte nos países desenvolvidos e em desenvolvimento [CAR 01] [RIB 02].

Dentro de todas as patologias nutricionais, a obesidade é a que mais tem apresentado crescimento em seus números. Sendo provavelmente uma das enfermidades mais antigas do homem, é fato que desde 1960 tem ocorrido um aumento de seus casos e como ela pode provocar alterações metabólicas múltiplas pode-se afirmar que esta condição clínica caminha para ser a mais importante causa de doença crônica do mundo [FIS 04].

A obesidade, assim como as outras DCNT, são problemas ocorridos em países ricos e com dietas inadequadas e problemas nos países pobres [RAM 00] [DOM 03]. No Brasil, dados da Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade – ABESO mostram

que aproximadamente 40% da população brasileira apresentam excesso de peso [FIS 04].

A obesidade era associada às classes sociais e econômicas mais abastadas e têm avançado de modo significativo nas classes menos favorecidas. Todo um sistema de vida inadequado provavelmente favorece este tipo de acontecimento: sedentarismo, hábitos familiares inadequados, alimentação insatisfatória, excesso de carboidratos na dieta, a velocidade da refeição, os lanches desequilibrados e o consumo de doces e guloseimas [FIS 04].

Investigações epidemiológicas sugerem que inúmeros aspectos dietéticos possam estar associados à ocorrência de DCNT fazendo-se necessário o estímulo à mudança de comportamento e reforçando a necessidade de se desenvolver estratégias de intervenção, pois os fatores de risco e de proteção relacionados as DCNT incluem aspectos ambientais [RAM 00].

As mulheres são o grupo chave para as modificações das práticas dietéticas visto que são elas que controlam as práticas alimentares da família e é a mãe a responsável por incorporar o filho nas práticas alimentares.

É importante o incentivo pela formação de hábitos saudáveis nos filhos, pois é na infância que o comportamento alimentar tem suas bases fixadas [OLI 03] [MOT 91]. A criança aprende a comer principalmente com a mãe e esta alimenta o filho de acordo com seus valores, crenças, costumes, símbolos, representações sobre os alimentos e preparações alimentares estabelecendo sua conduta alimentar determinada pelo vínculo, ligação com a primeira figura que o cuida.

Segundo Motta [MOT 91], “as práticas alimentares adquiridas na primeira infância, por imitação e condicionamento, principalmente, ficam arraigadas no indivíduo e trazem em si uma forte carga emocional, difícil de modificar. Por outro lado, o comportamento alimentar pode se modificar espontaneamente em função de mudanças do meio (poder aquisitivo, disponibilidade de alimento, alterações quanto à importância social dos alimentos, mudanças relativas ao nível de escolaridade do consumidor ou grau de exposição do mesmo aos canais de comunicação), ou ainda mudanças relacionadas às necessidades psicológicas dos indivíduos (auto-conceito, aprovação social, segurança)”.

O grande apelo dos comerciais e o culto da imagem estão intimamente relacionados com os desvios dos padrões alimentares.

Baixa ingestão de produtos lácteos, frutas, hortaliças, alimentos fontes de proteínas e ferro e excesso de açúcar e gordura foram o resultado do estudo brasileiro relacionado ao consumo alimentar de adolescentes. O modismo, a propaganda, entre outros fatores, é a alavanca que impulsiona a modificação dos hábitos alimentares, contribuindo para divulgação e proliferação dos lanches desequilibrados e *fast foods*. [CAR 01] [FIS 04].

Em estudo realizado no Chile [OLI 03] constatou-se que é alta a porcentagem de escolares que vêem televisão e se influenciam pela sua publicidade. Do total de escolares analisados, mais da metade afirmam comprar doces e salgados como batata-frita, chocolates e outros ricos em gordura, açúcar e sal, relacionados a mensagens publicitárias.

Fatores de risco das doenças crônicas do adulto se iniciam nas primeiras etapas de sua vida [OLI 03], sendo necessária adoção de medidas corretivas para crianças e jovens, promovendo a melhoria de hábitos alimentares através de iniciativas de promoção da saúde [CAR 01] [BOO 03].

2.2.2. Educação alimentar

Ações educativas alimentares e nutricionais são desenvolvidas para adequar as práticas de selecionar, adquirir, conservar, preparar e consumir os alimentos, isto é, buscam mudanças de condutas e procedimentos dos indivíduos sempre que o comportamento alimentar estiver fora dos parâmetros de uma nutrição adequada [MOT 91].

Marcondes [MAR 79] define Educação em Saúde como “um processo essencialmente ativo que envolve mudanças no modo de pensar, sentir e agir dos indivíduos e pelo qual se adquirem, mudam e reforçam conhecimentos, atitudes e práticas conducentes à saúde”.

Educação em Saúde, segundo Lima [LIM 00], “visa capacitar os indivíduos a agir conscientemente diante da realidade cotidiana, com aproveitamento de experiências anteriores, formais e informais, tendo sempre em vista a integração, continuidade, democratização do conhecimento e o progresso no âmbito social. Visa também a

autocapacitação dos vários grupos sociais para lidar com problemas fundamentais da vida, tais como nutrição, desenvolvimento biopsicológico, reprodução, tudo isso no contexto de uma sociedade dinâmica”.

A educação nutricional se insere na educação em saúde por ser formadora de atitudes e práticas relacionadas à saúde objetivando introduzir hábitos adequados, como o uso de práticas higiênicas e recursos alimentares, eliminando práticas dietéticas insatisfatórias [MOT 91].

A educação nutricional tem seu ponto forte na prática alimentar, pois a saúde dos indivíduos está condicionada as ações praticadas para satisfazer o apetite e a fome. Ela incentiva o consumo de alimentos naturais, frutas, hortaliças e recomenda evitar guloseimas, gorduras saturadas e alimentos artificiais. Tem papel fundamental na prática dietética fazendo o indivíduo refletir e conscientizar-se sobre suas atitudes [MOT 91].

A educação nutricional neste momento se distancia da prática de ensino para passar a preencher uma função de orientação, introduzindo conceitos e procedimentos de como resolver determinados problemas identificados a partir de dados epidemiológicos, envolvendo dados sociais no lugar da doutrina médica como guia dos programas educativos em saúde [LIM 00].

Vive-se, hoje em dia, a passagem de uma era na qual a cura das doenças era a única preocupação para uma época em que a prevenção de doenças e a manutenção da qualidade de vida têm papel fundamental. Dessa forma, nada mais apropriado do que abordar o tema das doenças crônicas, como obesidade na infância e na adolescência, pois prevenir a instalação e permanência desta doença durante fases precoces da vida é o objetivo de todo profissional que trabalha com a saúde de crianças e adolescentes [FIS 04].

Prevenir significa evitar, por meio de cuidados, os danos que podem ser causados por algum problema. Pressupõe praticar rotineiramente e em longo prazo um processo ou atitude. Portanto, na infância e na adolescência deve-se buscar a incorporação de hábitos alimentares e de estilos de vida saudáveis, de maneira gradual e duradoura [FISB 04].

2.2.3. Estratégias de educação alimentar

O resultado do processo educacional nutricional depende muito de como as informações são transmitidas, ou seja, dos métodos utilizados para absorver a informação. Há diferentes processos de aprendizagem. As pessoas aprendem através da rede escolar ou informalmente, pela leitura, rádio, TV, em discussões em grupo ou ainda através do contato direto com outras pessoas [MOT 91].

As estratégias de educação alimentar destinadas a promover formas de vida saudável, para terem um melhor impacto, devem considerar a cultura alimentar assim como os aspectos do desenvolvimento social e econômico, educação da equipe da saúde, difusão através dos meios de comunicação e publicidade alimentar [OSO 02].

Tendo em vista o desenvolvimento de um sistema de avaliação alimentar com um forte caráter educacional foram pesquisadas algumas estratégias de educação utilizadas no Brasil, como forma de estudo e embasamento para a aplicação proposta.

Dentre todas as estratégias de educação alimentar encontradas, dá-se ênfase ao projeto realizado no Centro de Pesquisas Aplicadas à Saúde – CEPAS [FIS 04].

O Centro de Pesquisas Aplicada à Saúde (CEPAS) da Universidade de São Paulo em São Paulo que faz o tratamento de crianças e adolescentes obesos iniciou-se a partir do atendimento individual dos pacientes por uma equipe multiprofissional formada por fisioterapeutas, fonoaudiólogos, pediatras, psicólogos, nutricionistas e profissionais do condicionamento físico tornando-se uma experiência enriquecedora por conhecer o indivíduo obeso em suas diversas faces [FIS 04].

Nas consultas nutricionais tradicionais, onde era feito o monitoramento do peso, estatura e ingestão alimentar, foi integrada a educação nutricional que consta de atividades lúdicas. O tempo destinado à consulta nutricional era dividido em 50% para o acompanhamento de peso, evolução da alimentação e orientações e os demais 50% para a educação nutricional que se dedicava à realização de tarefas de acordo com os temas abordados [FIS 04].

Os temas abordados durante os atendimentos individuais passaram a ser apresentados também para grupos educativos através de dinâmicas de grupo adaptadas a cada faixa etária [FIS 04].

2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo é de suma importância para o conhecimento do domínio da aplicação desenvolvida, a área alimentar. Como o domínio da aplicação não pertence à área computacional, é essencial elucidar os conceitos que serão trabalhados durante o monitoramento alimentar e conhecer algumas estratégias de intervenção a hábitos alimentares.

Conceitos como o reconhecimento dos macronutrientes nos alimentos, a importância do uso da pirâmide alimentar, o número de refeições necessárias durante o dia, número de calorias por refeição e por macronutriente para se obter uma alimentação diária balanceada foram amplamente abordados neste capítulo. Todos estes elementos foram utilizados no desenvolvimento do sistema proposto.

Devido ao fato do sistema HORUS em estudo ter além da proposta do monitoramento alimentar um caráter de orientação, a pesquisa de algumas propostas de educação nutricional exercidas no Brasil foi necessária para verificar o que melhor se adequa ao caráter desse sistema.

CAPÍTULO III

REVISÃO DA LITERATURA

3.1. INFORMÁTICA EM SAÚDE

A visão sobre informática médica abordada pelo Simpósio em Informática Médica [SYM 85] foi reafirmada por Blois [BLO 90] como “um campo de rápido desenvolvimento científico que lida com armazenamento, recuperação e uso de informação, dados e conhecimento biomédicos para resolução de problemas e tomada de decisão”.

Segundo a definição da *Association of American Medical College* informática médica é “um corpo de conhecimento em desenvolvimento e um conjunto de técnicas relacionadas ao manuseio organizacional da informação de pesquisa, educação médica e cuidado do paciente. Informática médica combina ciências da informação e da computação e fornece metodologias que podem contribuir ao melhor uso da base de conhecimentos médicos e finalmente a um cuidado médico melhor” [SYM 85].

No enlace das idéias lançadas no Simpósio de Informática Médica [SYM 85] e de Blois [BLO 90], Degoulet & Fieschi, pesquisadores franceses da área de informática médica, abordam, no prefácio do seu livro *Introduction to Clinical Informatics*, a nova ciência da seguinte forma [SIG 97]:

“Se um grupo de médicos, cientistas da área de computação ou cientistas de outras disciplinas fossem questionados sobre o que é informática médica, não haveria uma resposta única. Alguns apontariam exemplos concretos, considerando as aplicações na área da computação médica como um conjunto de técnicas e ferramentas. Outros enfatizariam a tecnologia propriamente dita, seu progresso nos anos recentes ou as perspectivas futuras. Essas respostas descrevem a ponta do *icerberg*, posto que apresentam a computação médica apenas por suas aplicações e técnicas. (...)

“Informática médica é também uma disciplina científica. Ela ajuda a entender os mecanismos da interpretação e do raciocínio médico, da abstração e da elaboração do conhecimento, da memorização e do

aprendizado. A ciência de gerenciar a informação médica está na base da medicina. O que é a informação médica? Qual o processo que leva dos sintomas ao diagnóstico e depois à decisão? Qual a validade de uma estratégia de tomada de decisão? Quais são os mecanismos das explorações ou descobertas médicas? Qual o impacto da introdução das tecnologias da informação na organização do sistema de saúde? É possível definir uma ética para o processamento da informação? Há uma série de questões para as quais a informática médica pode fornecer respostas. Com outras disciplinas científicas, a informática médica inclui dimensões culturais e sociológicas que a colocam em um lugar especial entre as disciplinas médicas básicas. (...)

“Informática médica é uma ciência que, a exemplo de outras disciplinas, como a biologia molecular ou a neurociência, tem raízes na história e nas idéias da teoria da informação. É caracterizada por seu objetivo (medicina) e seus métodos (os de gerenciamento de informação). Informática médica evoca outras disciplinas, como a matemática, a estatística, a lingüística e a ciência da cognição ou filosofia. É bem adequada à abordagem experimental: sugestão de hipótese; modelagem; experimentação, freqüentemente na forma de desenvolvimento ou implantação de programas ou protótipos de sistemas de informação; avaliação; validação; e, por fim, generalização do processo”.

Pode-se resumir a abrangência da Informática Médica em processos de Educação, Prática e Pesquisa Médica e seus desenvolvimentos através da manipulação e processamento de dados, informação e conhecimento [REI 01].

A essência da Informática Médica está no estudo e desenvolvimento de sistemas computacionais em hardware e/ou software para apoiar atividades médicas em situações reais, objetivando satisfazer as necessidades sociais através da transferência de tecnologia para o setor industrial da medicina [SAB 98c].

Herman Hollerith, criador das máquinas tabuladoras, desenvolveu em 1890 um sistema de dados baseado em cartões perfurados para realizar o censo dos Estados

Unidos daquele ano. Logo a seguir, esse sistema foi utilizado para solucionar problemas nas áreas de epidemiologia e saúde pública, datando essa época como a primeira aplicação prática da computação para a área da saúde [HOG 98] [SIG 97].

Surgiram em 1959 os sistemas de auxílio aos médicos na tomada de decisão. Mesmo sendo esta a tendência da época, muitos pesquisadores partiram para pesquisas na informação hospitalar como um todo, por não terem tido êxito naquela área [SIG 97].

Na década de 60 começaram os primeiros estudos de sistemas computacionais na área da Nutrição, mais especificadamente no planejamento e prescrição de cardápios alimentares [CAM 99].

Balintfy, em 1964, foi um dos pioneiros na tentativa de elaborar cardápios com grande valor nutritivo e com variedade de alimentos, mas esbarrou no problema de combinar itens do cardápio sem deixá-los monótonos e cumprindo as especificações nutricionais. Segundo profissionais consultados o problema dietético não estava sendo solucionado [CAM 99].

Já em 1967 Eckstein desenvolveu um sistema computacional utilizando outra técnica para simular o processo de escolha dos alimentos utilizando fatores interrelacionados como alimento cru, custo, cor, textura, forma, sabor, aroma, calorias entre outras variáveis para compor a refeição. Limitações como todas as refeições criadas possuem o mesmo padrão e a falta de estudo sobre as interações entre alimentos foram encontradas [CAM 99].

A informática médica como disciplina nasceu em 1974 quando descrita em um documento sobre educação em informática para profissionais de saúde e firmou-se como um componente inovador da prática em medicina [HOG 98] [GES 03].

Em reunião trienal da Associação Americana de Escolas Médicas – AAMC em 1986, concluiu-se que a informática médica é a base para o entendimento da medicina moderna. Nesta reunião foram acrescentadas duas novas recomendações para o rol da Associação [SIG 97]:

- a. tornar a informática médica parte do currículo médico, ressaltando os seus fundamentos e suas aplicações;
- b. definir locais de atividades em informática médica nas unidades médicas acadêmicas, para pesquisas, integração da instrução e encorajamento do seu uso na assistência ao paciente.

No Brasil a informática médica, aqui denominada de informática em saúde, de acordo com a Sociedade Brasileira de Informática em Saúde – SBIS por este termo ser mais amplo e abranger entre outras áreas a enfermagem, a nutrição, a medicina, veterinária e a odontologia, chegou com um certo atraso em relação aos Estados Unidos e Europa.

As atividades em Engenharia Biomédica em Santa Catarina surgiram no início da década de 70 na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Em 1974 o Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica - GPEB foi oficialmente criado. As atividades na área de informática médica iniciaram em 1977, sendo que o Laboratório de Informática Médica - LIM foi formalmente criado em 1995. Devido as diversas atividades desenvolvidas pelo GPEB desde seu surgimento em agosto de 2001 passou a ser Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina (IEB-UFSC), permitindo estabelecer convênios e acordos com diversas instituições [REI 01].

A disciplina de informática aplicada à saúde foi introduzida em diversas faculdades a partir de 1982 em níveis de graduação e pós-graduação, sendo que outros centros oferecem programas de mestrado e doutorado em associações com outras áreas de concentração, principalmente engenharia biomédica [SAB 98b].

O Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão em três subáreas, Informática Médica, Instrumentação Biomédica e Engenharia Clínica além de oferecer curso de Pós-Graduação possibilitando a formação de profissionais em nível de Mestrado e Doutorado [GPE 04].

No Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina faz-se destaque ao professor Aldo Von Wangenheim e suas pesquisas em Informática Médica, ressaltando o Projeto Cyclops que desenvolve tecnologias de software para os mais variados domínios de aplicação de Sistemas de Informação Hospitalar [CYC 05].

Em 1985 Elazari desenvolveu um sistema planejador de cardápios para um asilo para doentes mentais baseando-se no trabalho desenvolvido por Eckstein. Cada cardápio constava de seis refeições, café da manhã, almoço, jantar e três refeições, cada um com estrutura própria. Os cardápios gerados eram avaliados podendo ser aceitos ou

rejeitados. Se o cardápio fosse rejeitado o sistema era capaz de compor outro para seu lugar [CAM 99].

Em seminário realizado em informática em saúde em Brasília, por iniciativa do Ministério da Saúde, os pesquisadores presentes organizaram-se e fundaram em novembro de 1986 a Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. Dessa forma, o ano de 1986 foi considerado o divisor de águas nacional da informática em saúde [SAB 98b].

De 1995 em diante vários outros sistemas foram desenvolvidos para o planejamento de cardápios. Bassham e Fletcher, em 1988, desenvolveram o Microdiet para auxiliar na elaboração de dietas especiais em hospital da Grã-Bretanha. No ano seguinte Yang desenvolveu um sistema de planejamento de cardápios para pacientes surdos. O ESOMP utilizava técnicas de IA para as restrições de proteínas contidas em cada cardápio [CAM 99].

Em 1995 foi desenvolvido um sistema especialista de distribuição de refeições para uma empresa alimentícia na Austrália. Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul Lima, Maranhão, Reis e Vicari desenvolveram outro sistema especialista para elaboração de cardápios e refeições denominado Cooker [CAM 99].

3.2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM MEDICINA

O termo Inteligência Artificial (IA) tem um grande apelo para as pessoas, mas nem sempre é bem interpretado, como se tem visto na literatura, no cinema, através de divergências entre pesquisadores, e em outras diversas áreas. Basta analisar o impacto de um anúncio de um produto dito “inteligente”, a grande maioria tem a imagem de requinte e sofisticação, tecnologias inacessíveis e quase incompreensíveis para o leigo [SAB 98a].

Segundo Rabuske [RAB 95], existe muita discussão em busca de uma definição ideal para Inteligência Artificial:

- “Inteligência Artificial é a parte da Ciência da Computação que compreende o projeto de sistemas computacionais que exibam características associadas, quando presentes no comportamento, a inteligência” (BARR & FEIGENBAUM, 1981).

- “Inteligência Artificial é o estudo de conceitos que permitem aos computadores serem inteligentes” (WINSTON, 1984).
- “Inteligência Artificial é o estudo de como fazer os computadores realizarem coisas que, no momento, as pessoas fazem melhor”(RICH & KNIGHT, 1993).

Pode-se dizer que Inteligência Artificial, segundo as definições supracitadas, “é o resultado da aplicação de técnicas e recursos, principalmente de ordem não numérica o que viabiliza a solução de problemas que exijam dos seres humanos um determinado grau de raciocínio e perícia” [RAB 95]. Dessa forma, Inteligência Artificial nada mais é do que “um conjunto de tecnologias computacionais que têm por objetivo imitar processos intelectuais humanos (raciocínio, decisão, resolução de problemas, planejamento, reconhecimento de padrões, etc)” [SAB 98a].

A busca pelo desenvolvimento de sistemas computacionais artificialmente inteligente tem avançado nas mais diferentes áreas, e a medicina não ficou de fora. Na década de 70 foi lançado um programa pioneiro, Mycin, um sistema especialista para diagnose e terapia de doenças infecciosas, desenvolvido pelos pesquisadores Edward H. Shortliffe e Bruce G. Buchanan [RAB 95].

Atraídos pela capacidade que tal tecnologia podia ter na medicina e unidos a uma pequena comunidade de cientistas da computação os médicos propuseram um programa de pesquisa em uma nova área chamada Inteligência Artificial em Medicina (IAM) [COE 98].

De acordo com Clancey e Shortliffe, em 1984, “a Inteligência Artificial Médica se preocupa primeiramente com a construção de programas de IA que realizam diagnósticos e fazem recomendações terapêuticas”. Hoje em dia essa definição teria a sua abrangência e visão limitada, pois atualmente os programas compreendem um leque de opções nas mais diversas áreas médicas, deixando de ter um único foco de atuação [COE 98].

Para os desenvolvedores de sistemas baseados na IA uma das tarefas mais importantes é definir em quais aspectos da área médica seria conveniente a introdução de sistemas inteligentes. Na sua maioria, os sistemas de IAM apóiam os profissionais da saúde em suas tarefas habituais, como a manipulação de dados e conhecimento. Estes sistemas podem alertar a equipe médica quando detectado uma contra-indicação em

tratamento prescrito, ou ainda alertar quando os dados clínicos sugerem alterações na condição de saúde do paciente [COE 98].

Entre os Sistemas de Apoio à Decisão em Medicina (SADM), que são softwares que auxiliam os médicos na solução de problemas, pode-se citar o uso de Sistemas Especialistas (SE) que são sistemas que buscam simular o conhecimento de um profissional numa área específica do conhecimento [SIG 04].

Para Widman [WID 98], os SE podem ser úteis de dois modos diferentes:

- Apoio à decisão – como alerta a possíveis falhas na tomada de decisão.
- Tomada de decisão – na tomada de decisão no lugar de alguma pessoa.

Os SE são usados em rotinas clínicas para realizar diferentes tipos de tarefas [COE 98]:

- Alertas e Lembretes – o sistema especialista pode alertar os médicos quando ocorrerem alterações no quadro médico do paciente, examinar testes laboratoriais e prescrições médicas, e encaminhar lembretes e avisos por correio eletrônico.
- Auxílio ao diagnóstico – baseando-se em dados fornecidos pelo paciente, o sistema especialista pode auxiliar no diagnóstico de um caso.
- Crítica terapêutica – conferindo inconsistências, erros e omissões no tratamento determinado, ou indicar tratamento com base nas condições do paciente e em terapêuticas recomendadas.
- Agentes de recuperação da informação – softwares buscam e recuperam informações relevantes para um certo problema com base nas preferências e necessidades do usuário e em conhecimentos médicos para poder avaliar a importância e utilidade da informação encontrada.
- Reconhecimento e interpretação de imagens – a utilização do programa na interpretação de imagens médicas automaticamente.

O Sistema Especialista de Monitoração Alimentar HORUS desenvolvido caracteriza-se por ser um sistema de apoio à decisão médica na tarefa de auxílio a diagnóstico, pois através de dados alimentícios fornecidos pelo usuário, o sistema indicará a qualidade dessa alimentação, auxiliando os profissionais da saúde, e o próprio indivíduo, na avaliação do diagnóstico alimentar. Além disso, possui um caráter

educacional, mediante abordagem de conceitos relacionados para obtenção de uma alimentação saudável.

3.3. LÓGICA *FUZZY*

Segundo Ortega [ORT 01], em alguns problemas do mundo real não há dificuldade em se classificar um elemento como pertencente ou não a um conjunto clássico. Por exemplo, dado um conjunto A e um elemento x do conjunto universo U , pode-se dizer se este elemento pertence, ou não, ao conjunto A . Afirma-se, com certeza, que o número 5 pertence ao conjunto dos números naturais e o número -5 não pertence a este conjunto. Este é um caso que não se tem dúvidas, mas em diversas situações a relação de pertinência pode não ser bem definida e, nestes casos, não há como afirmar se o elemento pertence ou não a determinado conjunto.

A partir de problemas de classificação de conjuntos que não possuíam fronteiras bem definidas (ou seja, a transição dos conjuntos é suave e não abrupta), Lotfi A. Zadeh, professor do departamento de engenharia elétrica e de ciências da computação da Universidade da Califórnia, em Berkeley, apresentou a teoria dos conjuntos *fuzzy* no ano de 1965 [ZAD 65].

Lógica *fuzzy* dispõe de uma grande variedade de conceitos e técnicas para representar e deduzir o conhecimento que é impreciso, vago [ZAD 92]. Modela os argumentos imprecisos que fazem parte da habilidade humana para tomar decisões em um ambiente de incerteza por imprecisão [ZAD 88].

Para Costa [COS 99], a incerteza está focada no contexto da ignorância, sendo a ignorância tratada usualmente como “ausência ou distorção do conhecimento verdadeiro, e incerteza como alguma forma de incompletude na informação ou no conhecimento. De alguma forma essas concepções do senso-comum são razoáveis, mas elas podem desviar a atenção de um conceito mais amplo de ignorância por defini-la indiretamente como não-conhecimento. E essa concepção leva a eliminação ou absorção da ignorância pelo exercício de alguma versão do "método científico". Uma simples definição de ignorância é insuficiente para contextualizá-la. No entanto o estudo de suas diversas manifestações podem deixar mais clara a forma de se lidar com ignorância, desde que se possa associar a cada uma de suas componentes, ferramentas para analisar o contexto em que ela se insere no estudo dos fenômenos do mundo real”.

Costa [COS 99] em seu trabalho “Um enfoque segundo a teoria de conjuntos difusos para a meta-análise”, faz uma vasta pesquisa pelos tipos de medida de incertezas e suas diversas manifestações, criando uma taxinomia da incerteza para “auxiliar na compreensão das diferentes naturezas das medidas de incerteza” apresentada na figura 3.1.

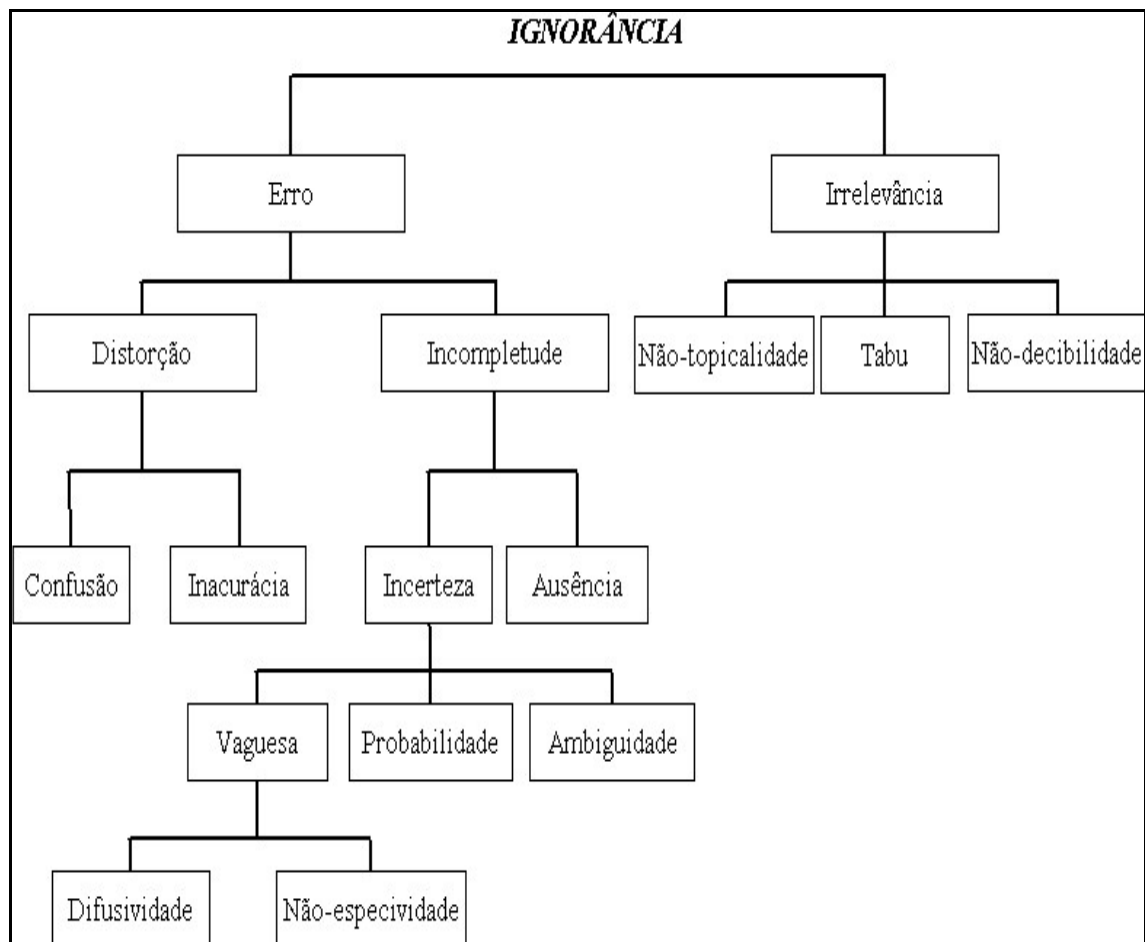


Figura 3.1: Taxinomia da Incerteza [COS 99]

3.3.1. Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*

O propósito de flexibilizar a pertinência de elementos a conjuntos através da idéia de grau de pertinência foi publicado por Zadeh em 1965 [ZAD 65], nascendo, a partir desse artigo, a história da teoria dos conjuntos *fuzzy*. O que Zadeh propôs foi considerar uma função de pertinência que forneça um grau de pertinência aos diversos elementos

do conjunto considerado, flexibilizando a participação do elemento nesse conjunto [ORT 01].

A teoria dos conjuntos *fuzzy* procura tratar da incerteza propagando a noção clássica de conjuntos e proposições e fornece modelos matemáticos para o estudo da imprecisão de maneira precisa e rigorosa. [ZIM 92].

A teoria de conjuntos clássicos está baseada na função característica clássica, dada por

$$\mu A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } x \in A \\ 0 & \text{se e somente se } x \notin A \end{cases}$$

onde U é o conjunto Universo, A é um subconjunto de U e x é um elemento de U , ou seja, a função característica é um mapeamento do conjunto universo no conjunto $\{0,1\}$.

Para obter os conjuntos *fuzzy* basta generalizar a função característica da lógica clássica para o intervalo $[0,1]$, ou seja, $\mu A(x): U \rightarrow [0,1]$, o que implica em considerar um contínuo de valores de pertinência e não apenas pertence e não pertence. O elemento x pertencerá ao subconjunto A com um grau de pertinência que é um valor no intervalo $[0,1]$ [KLI 88].

O universo de discurso é o intervalo formado pelos valores possíveis de uma variável. O sistema HORUS em desenvolvimento nesta pesquisa é destinado a crianças e adolescentes de 7 a 20 anos, portanto pode-se considerar que a variável Idade (em anos) tem um universo de discurso no intervalo $[7; 20]$.

Ortega [ORT 01] afirma que a representação de um conjunto *fuzzy*, se este for discreto, ocorre simplesmente pela enumeração dos seus elementos juntamente com seus graus de pertinência, na forma:

$$A = \sum_i \mu A(x_i) / x_i$$

onde o somatório se refere a operação união e a notação $\mu A(x_i) / x_i$ se refere ao elemento x_i que pertence ao conjunto A com o grau de pertinência $\mu A(x_i)$. Em geral, por simplicidade, somente é listado no conjunto A aqueles elementos que possuem grau de pertinência diferente de zero.

Para exemplificar, considerar-se-á o universo de discurso apresentado anteriormente composto pela variável Idade e tendo como universo de discurso

$U = \{7,8,9,\dots,19,20\}$, e os conjuntos *fuzzy* A e B que indicam, respectivamente, “crianças” e “adolescentes”.

$$\mu_A(x) = \{1,0/7, 1,0/8, 1,0/9, 0,8/10, 0,7/11, 0,5/12\}$$

$$\mu_B(x) = \{0,5/12, 0,8/13, 0,9/14, 1,0/15, 1,0/16, 0,9/17, 0,6/18, 0,4/19, 0,2/20\}$$

Quando os conjuntos *fuzzy* são contínuos sua representação é a própria função de pertinência, conforme figura 3.2.

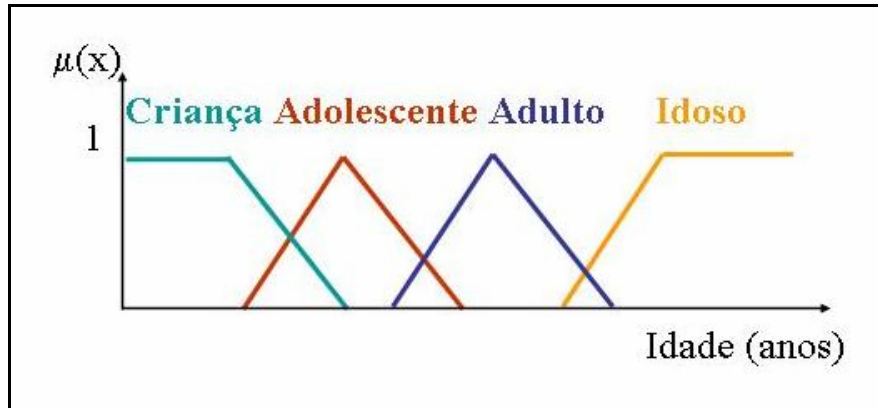


Figura 3.2: Conjuntos *Fuzzy* para a variável Idade.

3.3.2. Propriedades e Operações *Fuzzy*

A teoria *fuzzy* possui uma série de conceitos importantes a serem aplicados nos modelos baseados nesta técnica, mostrados a seguir.

- Conjuntos iguais: Segundo Falcão [FAL 02], os conjuntos *fuzzy* A e B são iguais se $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ para todo elemento $x \in U$ e indica-se

$$A = B$$

- Conjuntos não iguais: Segundo Falcão [FAL 02], os conjuntos *fuzzy* A e B são não iguais se $\mu_A(x) \neq \mu_B(x)$ para no mínimo um $x \in U$ e indica-se

$$A \neq B$$

- Subconjunto próprio: Segundo Falcão [FAL 02], o conjunto *fuzzy* A é um subconjunto próprio do conjunto *fuzzy* B quando A é um subconjunto de B e $A \neq B$, isto é, $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ para todo $x \in U$ e $\mu_A(x) \neq \mu_B(x)$ para no mínimo um $x \in U$ e indica-se $A \subset B$ se e somente se $A \subseteq B$ e $A \neq B$.

- Conjunto α - nível (conjunto α - cut): Segundo Ortega [ORT 01], o conjunto de elementos que pertencem a um conjunto *fuzzy* A com pelo menos um grau α de pertinência é chamado conjunto α - nível ou conjunto α - cut.

$$A\alpha = \{x \in U \mid \mu_A(x) > \alpha\}$$

- Cardinalidade: Segundo Ortega [ORT 01], a cardinalidade de um conjunto é o número total de elementos no conjunto. Uma vez que os elementos podem pertencer parcialmente a um conjunto *fuzzy*, a cardinalidade de um conjunto resume-se na pesagem de seus elementos pelo seu grau de pertinência. Sendo assim, a cardinalidade de um conjunto *fuzzy* é definida por:

$$Card(A) = \sum_{x_i} \mu_A(x_i)$$

onde A é um conjunto *fuzzy* e x_i são os elementos do conjunto Universo.

Para exemplificar, considera-se a cardinalidade dos conjuntos “crianças” e “adolescentes”, representados por A e B , respectivamente, apresentados anteriormente:

$$Card(A) = 1,0 + 1,0 + 1,0 + 0,8 + 0,7 + 0,5 = 5,0$$

$$Card(B) = 0,5 + 0,8 + 0,9 + 1,0 + 1,0 + 0,9 + 0,6 + 0,4 + 0,2 = 6,3$$

- Suporte: Segundo Ortega [ORT 01], o suporte $S(A)$ de um conjunto *fuzzy* A é o conjunto clássico de todos os elementos $x \in U$ cuja função de pertinência tem um valor diferente de zero.

$$S(A) = \{x \in U \mid \mu_A(x) > 0\}$$

- Altura: Segundo Ortega [ORT 01], a altura de um conjunto *fuzzy* é o maior valor de pertinência da sua função de pertinência:

$$hgt(A) = \max_{x_i} \mu_A(x_i)$$

- Núcleo: Segundo Kasabov [KAS 98], o centro ou núcleo de uma função de pertinência para um conjunto *fuzzy* A qualquer é definido como a região central do universo que se caracteriza pela pertinência total a esse conjunto. Isto é, o centro é formado por todos os elementos do universo que possuem $\mu_A(x) = 1$

- Fronteira: Segundo Kasabov [KAS 98], as fronteiras ou limites de uma função de pertinência para um conjunto *fuzzy* A são definidas como as regiões que contêm os elementos que possuem pertinência parcial ao conjunto difuso A .

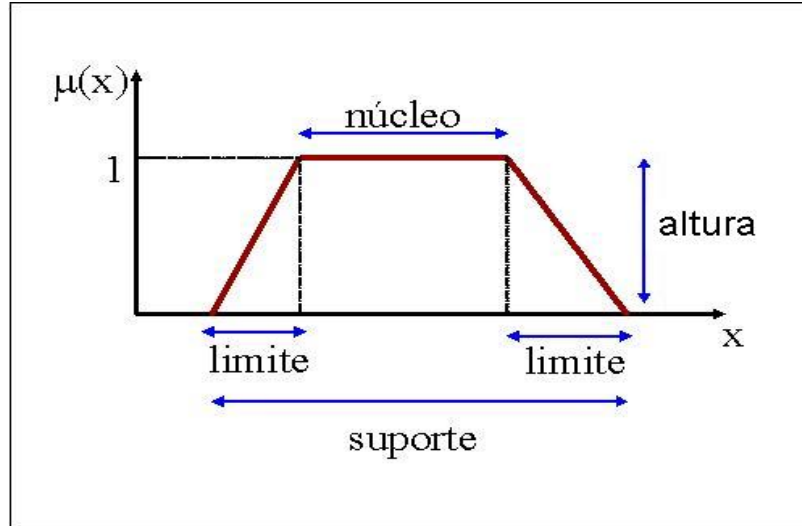


Figura 3.3 – Ilustração gráfica das propriedades núcleo, suporte, limite e altura [JAM 93]

As operações básicas dos conjuntos clássicos são a união, a intersecção e o complemento, sendo essas operações definidas através de sua função de pertinência.

- Complemento: Segundo Ibrahim [IBR 04], o complemento absoluto do conjunto *fuzzy* A é denotado por \bar{A} e a função de pertinência é definida por:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \text{ para todo } x \in X$$

- União padrão: Segundo Ibrahim [IBR 04], a união ou disjunção de dois conjuntos *fuzzy* A e B é um conjunto *fuzzy* onde as funções de pertinências são definidas por:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

- Interseção padrão: Segundo Ibrahim [IBR 04], a interseção ou conjunção de dois conjuntos *fuzzy* A e B é um conjunto *fuzzy* onde as funções de pertinências são definidas por:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

Os operadores lógicos de conjunção (E) e de disjunção (OU) são conhecidos como *t-normas* e *t-conormas*, respectivamente [BIT 01].

As principais *t-normas* e *t-conormas* estão apresentadas nas tabelas 3.1 e 3.2, respectivamente.

Tabela 3.1: Principais *t-normas* [BIT 01]

Nome	Operador
Intersecção Padrão	$\text{Min} [\mu A(x), \mu B(x)]$
Produto Algébrico	$\mu A(x) * \mu B(x)$
Diferença Limitada	$\text{Max}[0, \mu A(x) + \mu B(x) - 1]$
Intersecção Drástica	$\mu A(x)$ para $\mu B(x) = 1$ $\mu B(x)$ para $\mu A(x) = 1$ 0 para outros valores

Tabela 3.2: Principais *t-conormas* [BIT 01]

Nome	Operador
União Padrão	$\text{Max} [\mu A(x), \mu B(x)]$
Soma Algébrica	$\mu A(x) + \mu B(x) - \mu A(x) * \mu B(x)$
Soma Limitada	$\text{Min}[1, \mu A(x) + \mu B(x)]$
União Drástica	$\mu A(x)$ para $\mu B(x) = 0$ $\mu B(x)$ para $\mu A(x) = 0$ 1 para outros valores

3.3.3. Variáveis Lingüísticas

Um conceito básico na lógica *fuzzy* é a variável lingüística. Uma variável lingüística, como o nome sugere, é uma variável cujos valores são palavras ou sentenças em linguagem natural ou sintética [ZAD 88]. É uma variável cujo valor é expresso qualitativamente por um termo lingüístico (que fornece um conceito à variável) e quantitativamente por uma função de pertinência [ORT 01].

Ela cumpre, na lógica *fuzzy*, o mesmo papel que as variáveis numéricas nos modelos matemáticos convencionais permitindo quantificar e manipular conceitos qualitativos, sendo especialmente útil para caracterizar incerteza em problemas onde as variáveis ou as relações funcionais não são bem definidas [SIL 04].

Em geral, os valores das variáveis lingüísticas podem ser generalizados através do seu termo primário, (por exemplo, criança), seu antônimo (adulto). Por exemplo, a variável lingüística Idade pode assumir os valores “criança”, “adolescente”, “adulto”, e “idoso”.

A força da lógica *fuzzy* deriva da sua habilidade em criar conclusões e gerar respostas baseadas em informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas ou imprecisas. Neste aspecto, a representação de conhecimento através de sentenças do raciocínio aproximado é útil para aplicações de problemas do mundo real e adaptada à compreensão humana, favorecendo a aquisição de conhecimento e a interpretação lingüística dos resultados [COX 94].

No sistema HORUS desenvolvido foram utilizadas como variáveis lingüísticas o total calórico específico para cada elemento do conjunto dos macronutrientes dos alimentos, aqueles que conferem os valores de energia aos alimentos e o total calórico específico das seis (06) refeições realizadas durante a alimentação diária. Serão variáveis lingüísticas o total calórico dos termos “Carboidrato”, “Proteínas” e “Lipídios”, referenciando os macronutrientes e o total calórico dos termos “Café da Manhã”, “Colação/Lanche da Manhã”, “Almoço”, “Colação/Lanche da Tarde”, “Jantar”, “Colação/Lanche da Noite”. Para essas variáveis serão utilizados os valores, “Aumentar”, “Aceitável” e “Diminuir”.

3.4. SISTEMA ESPECIALISTA *FUZZY*

Sistema Especialista (SE) é um ramo de aplicação da Inteligência Artificial (IA) desenvolvida pela comunidade da IA em meados de 60. A idéia básica do SE é a perícia, que é o vasto conhecimento específico em um determinado domínio, sendo este conhecimento transmitido do especialista humano para o computador por meio de sua aquisição do conhecimento. Para se chegar a uma conclusão sobre algum fato específico, o computador faz inferências nesse conhecimento armazenado [LIA 05].

Para tomar a decisão sobre fatos e hipóteses levantados sobre determinado assunto, o especialista recorre a um conhecimento armazenado em sua memória durante sua formação e vida profissional, sendo que tal conhecimento pode conter incertezas. Os Sistemas Especialistas que trabalham com o tratamento de incertezas representam o conhecimento do especialista do domínio em sua base de dados através de fatos e regras. A essas regras são associados graus de incerteza conforme o modelo de raciocínio adotado [NET 02].

O Sistema Especialista *Fuzzy* possui a estrutura dos Sistemas Especialistas utilizando-se das características da lógica *fuzzy* para o tratamento de incertezas sobre o conhecimento. A estrutura padrão de um SEF compreende quatro componentes essenciais: a *fuzzificação*, a inferência, a base de regras e a *desfuzzificação*, conforme apresenta a figura 3.4.

O que vale ressaltar é que nem todos os Sistemas Especialistas *Fuzzy* possuem o quarto componente, o da *desfuzzificação*. A presença desse componente se faz necessária apenas quando for desejado um valor discreto como saída do sistema, como é o caso dos sistemas de controle.

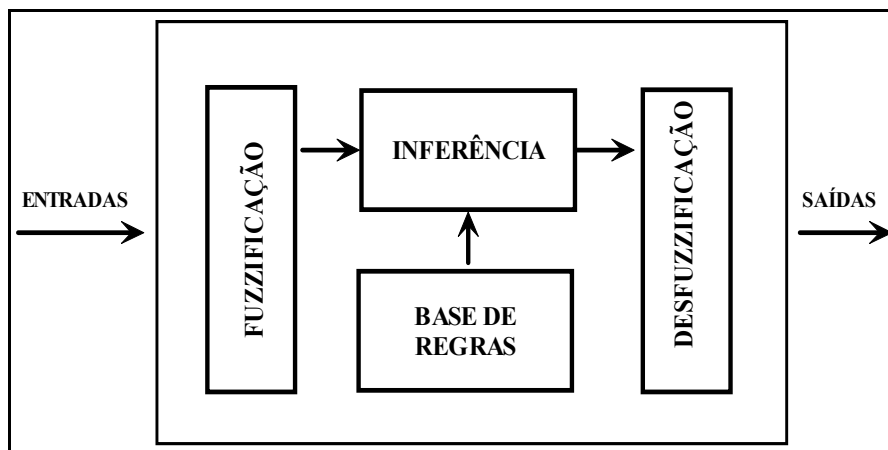


Figura 3.4: Estrutura de um sistema *fuzzy*

3.4.1. *Fuzzificação*

Em Fernandes [FER 96], verifica-se que “*fuzzificação* é um processo que consiste em assinalar e calcular um valor para representar o grau de pertinência da entrada em um ou mais conjuntos difusos. Cada valor de entrada tem um grau de pertinência em

cada um dos grupos. O grau de pertinência é um ponto da função de pertinência que é definida baseada na experiência ou na intuição”.

A *fuzzificação* é um processo de transformação onde entradas abruptas são transformadas em entradas *fuzzy*. Primeiramente, são determinadas as funções de pertinência para cada entrada do sistema. Definidas as funções, o processo recebe valores de entrada que são comparados as funções de pertinência armazenadas, dando origem a entradas *fuzzy* [TER 02].

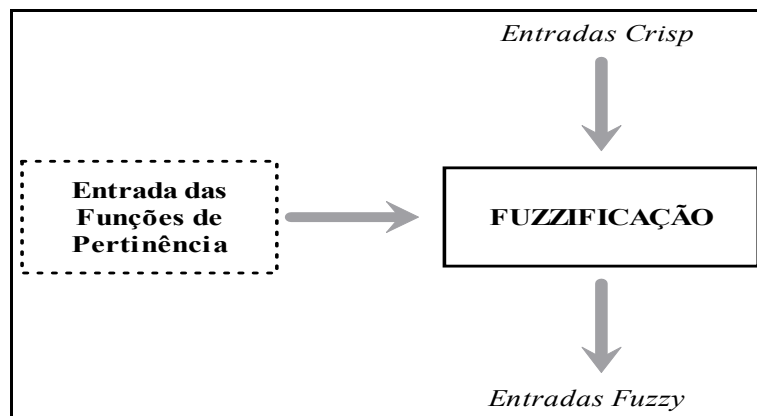


Figura 3.5: Processo de *Fuzzificação*

É necessário um estudo do problema para verificar qual função de pertinência melhor descreve as variáveis de entrada do sistema dessa função [FER 96].

Função de pertinência é o critério que define com que grau de pertinência um elemento pertence ao conjunto, constando o valor do intervalo entre 0 e 1. Existem diversas funções de pertinências, sendo que algumas delas serão apresentadas a seguir.

- Triangular: Segundo Tibiriçá [TIB 05], a função é especificada por três parâmetros $\{a, b, c\}$, a qual determina a coordenada x dos três cantos do triângulo.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x - b) / (a - b), & a < x \leq b \\ (c - x) / (c - b), & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases}$$

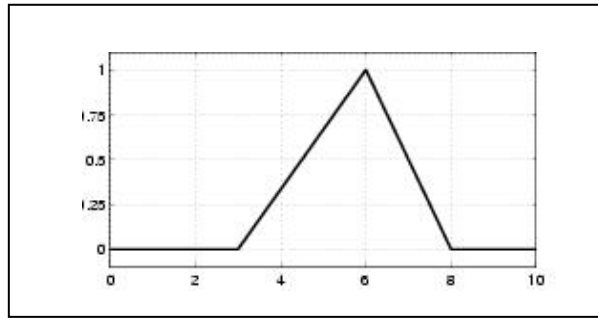


Figura 3.6: Função de pertinência triangular

- Trapezoidal: Segundo Tibiriçá [TIB 05], a função é especificada por quatro parâmetros $\{a,b,c,d\}$

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x-a)/(b-a), & a < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ (d-x)/(d-c), & c < x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases}$$

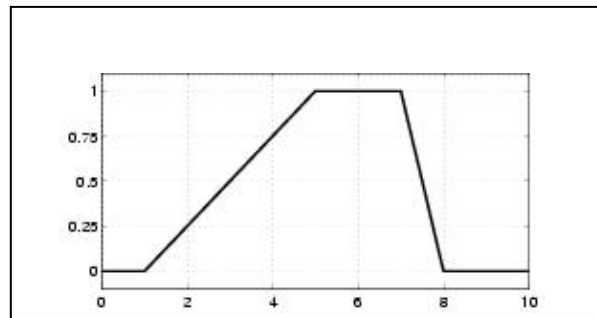


Figura 3.7: Função de pertinência trapezoidal

- Sino: Segundo Tibiriçá [TIB 05], a função é especificada por quatro parâmetros $\{a,b,c,d\}$

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2((x-a)/(b-a))^2, & a < x \leq (a+b)/2 \\ 1-2((x-b)/(b-a))^2, & (a+b)/2 < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ 1-2((x-c)/(d-c))^2, & c < x \leq (c+d)/2 \\ 2((x-d)/(d-c))^2, & (c+d)/2 < x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases}$$

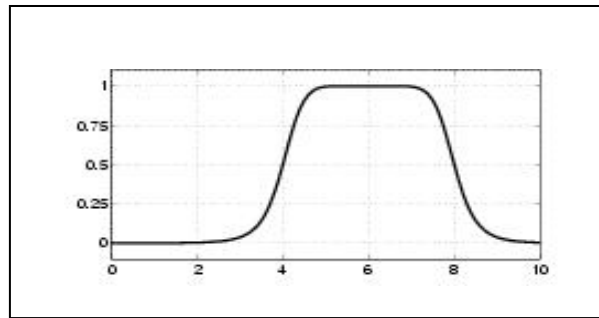


Figura 3.8: Função de pertinência sino

- Tipo S: Segundo Tibiriçá [TIB 05], a função é especificada por dois parâmetros $\{a, b\}$

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2((x-a)/(b-a))^2, & a < x \leq (a+b)/2 \\ 1 - 2((x-b)/(b-a))^2, & (a+b)/2 < x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$$

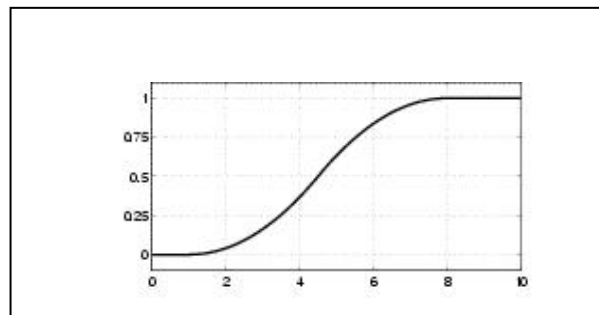


Figura 3.9: Função de pertinência S

- Tipo Z: Segundo Tibiriçá [TIB 05], a função é especificada por dois parâmetros $\{a, b\}$

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ 1 - 2((x-a)/(b-a))^2, & a < x \leq (a+b)/2 \\ 2((x-b)/(b-a))^2, & (a+b)/2 < x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$$

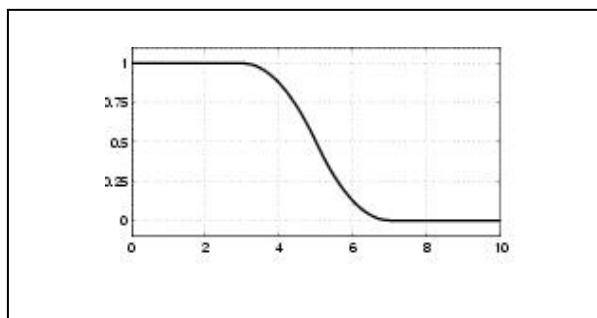


Figura 3.10: Função de pertinência Z

3.4.2. Inferência *Fuzzy*

A inferência de um sistema que utiliza lógica *fuzzy* caracteriza-se pelo processo de avaliar as entradas do sistema e compará-las, por meio de sua base de regras, com os antecedentes das regras ativando, se houver igualdade, os seus conseqüentes [SIL 04].

As regras *fuzzy* representam situações específicas que conduzem a algum resultado esperado. Dessa forma, pode-se dizer que a inferência baseada em regras *fuzzy* conduz um conjunto de entradas do sistema para um conjunto de saídas [ORT 01].

A regra *fuzzy* determina um conhecimento específico, e o conjunto das regras representa o conhecimento completo sobre um problema em questão. Cada regra *fuzzy*, compreende uma parte antecedente e uma parte conseqüente, e sua estrutura é representada por:

Se {antecedentes} Então {conseqüentes}

De acordo com Ortega [ORT 01], “os antecedentes representam uma condição (premissas), enquanto a parte conseqüente descreve uma conclusão ou uma ação que pode ser efetuada quando as premissas são constatadas. Os antecedentes definem uma região *fuzzy* no espaço das variáveis de entrada do sistema. Já os conseqüentes estabelecem a conclusão ou ação a ser tomada, ou seja, fazem parte das variáveis de saída do sistema”.

A medida de adequação de cada regra é definida de acordo com o conectivo utilizado para implementar a premissa das regras. Portanto, se a regra utilizar o conectivo “e” ou o conectivo “ou” em sua premissa, seu valor será adequado utilizando uma *t-norma* ou uma *t-conorma*, respectivamente. A implicação “então” utiliza essa medida no conjunto dos conseqüentes, sendo que seus valores serão integrados por meio da utilização de uma *t-norma* ou de uma *t-conorma*. Os principais operadores de implicação são apresentados na tabela 3.3. [BIT 01].

O resultado da inferência *fuzzy* é um conjunto de saída *fuzzy*. Porém, em muitos casos, é desejável um valor discreto obtido através do processo de *desfuzzyficação*.

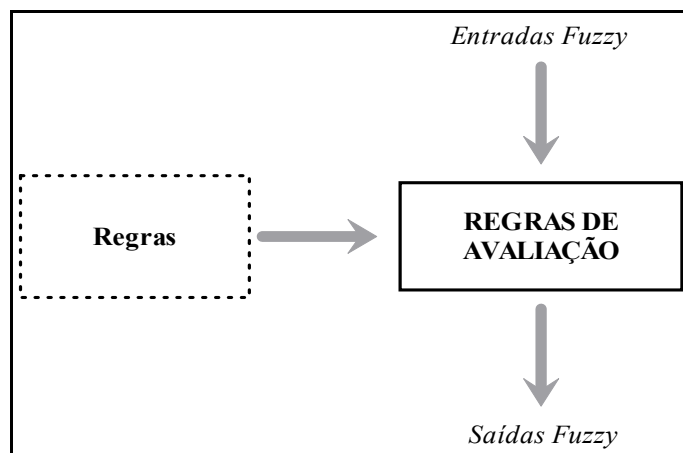


Figura 3.11: Regras de Avaliação

Tabela 3.3 – Principais Operadores de Implicação [BIT 01]

Nome	Implicação
Kleene	$\max(1 - x, y)$
Lukasiewicz	$\min(1 - x + y, 1)$
Gödel	1, se $x \leq y$ y, se $x > y$
Mamdani	$\min(x, y)$
Larsen	$x \cdot y$

3.4.3. Desfuzzificação

Desfuzzificação é um processo utilizado para converter o conjunto *fuzzy* de saída de um sistema em um valor *crisp* correspondente [FER 96]. O processo de *desfuzzificação* é utilizado quando há a necessidade de se obter um valor discreto como resultado final da avaliação do sistema.

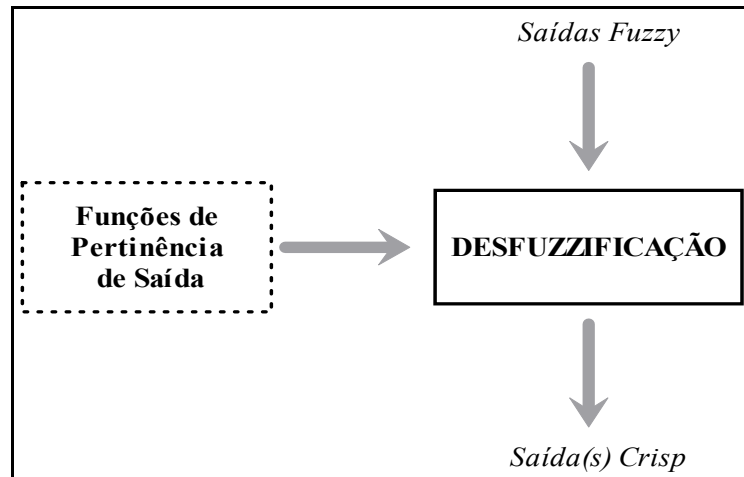


Figura 3.12 - Desfuzzificação

Existem diferentes métodos de executar a *desfuzzificação*. Abaixo serão citados alguns.

Média dos Máximos

O método de *desfuzzificação* Média dos Máximos (MM) calcula a média de todos os valores de saída que tenham os maiores graus de pertinência. Pode ser expresso da seguinte forma [KLI 95]:

$$Z_{out} = \sum_{j=1}^i \frac{w_j}{l}$$

onde:

w_j = é o valor do suporte no qual a função de pertinência alcança o seu valor máximo, ou seja, $\mu_z(W_j)$.

l = representa o número de suportes. A figura 3.13 apresenta um exemplo desse método.

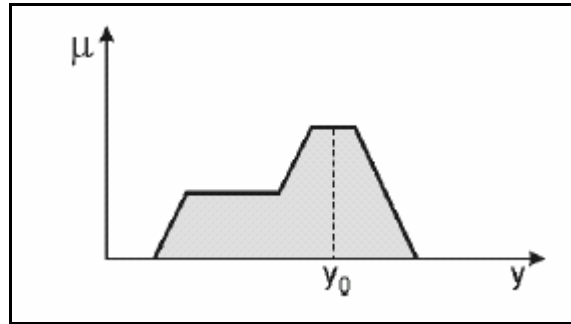


Figura 3.13: Exemplo do método de *desfuzzificação* MM

Centro de Área

O Centro de Área (CA), também chamado de Centro de Gravidade ou Centróide, é o método de *desfuzzificação* mais comumente usado. Esse método considera toda a distribuição de possibilidade de saída do modelo utilizando uma média ponderada, onde $\mu_A(x)$ funciona como o peso do valor x . Se x é discreto, então a *desfuzzificação* é dada por [KLI 95]:

$$Z_{out} = \frac{\sum x \mu_A(x) \cdot (x)}{\sum x \mu_A(x)}$$

Da mesma forma, se x é contínuo, então:

$$Z_{out} = \frac{\int \mu_A(x) dx}{\int \mu_A(x) dx}$$

A figura 3.14 exemplifica esse método:

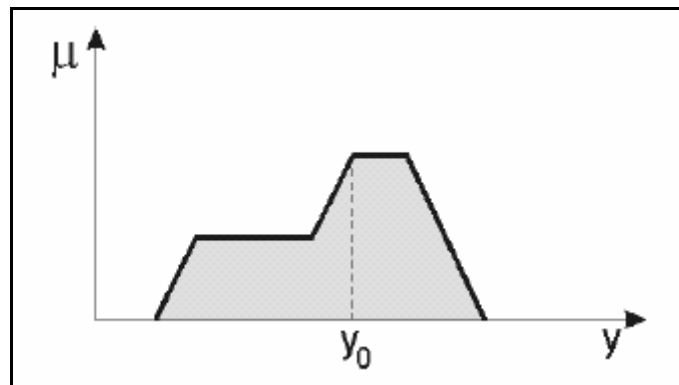


Figura 3.14: Exemplo do método de *desfuzzificação* CA

Método das Alturas

O método de *defuzzificação* das Alturas (MA) também chamado de centro do máximos se aproxima do método Centro da Área. e avalia a média ponderada das alturas de todas as funções de pertinência associadas com os consequentes das regras. O tipo da função de pertinência não será levado em conta durante o cálculo do valor a ser inserido no sistema, sendo o valor real da ação de controle a ser realizado calculado por [KLI 95]. A figura 3.15 ilustra um exemplo desse método de *defuzzificação*.

$$z_{out} = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i \sum_{k=1}^n \mu_{0,k}(\mu_i)}{\sum_{k=1}^n \mu_{0,k}(\mu_i)}$$

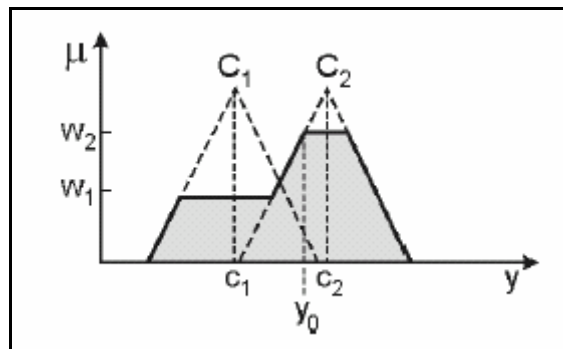


Figura 3.15: Exemplo do método de *defuzzificação* MA

3.4.4. Adquirindo conhecimento para o SEF

A aquisição do conhecimento é a etapa determinante no desenvolvimento de sistemas especialistas. O processo envolve elicitação, análise e interpretação do conhecimento usado pelo especialista para a resolução de um problema em particular e transforma este conhecimento para ser utilizado pelo sistema de conhecimento [KID 87] [BRU 89].

O conhecimento é obtido pela transferência de conhecimento de um ou mais especialistas, ou através de algum outro tipo de processo de aprendizado [PAR 88] [GRU 89].

A aquisição do conhecimento pode compreender não só a tarefa de redução de um exaustivo domínio do conhecimento num conjunto de fatos e regras que formam a Base de Conhecimento, mas também as ferramentas e métodos que suportam o desenvolvimento do sistema especialista. Mas a tarefa básica da aquisição do conhecimento é a filtragem de todo o conhecimento, desprezando as informações que não são relevantes ao projeto [MCG 89].

Firebaugh [FIR 88] identifica cinco fases importantes dentro do processo de aquisição do conhecimento:

1. **Identificação:** identificar o especialista da aplicação, as características do problema e as metas a serem alcançadas.
2. **Conceitualização:** relacionar conceitos pertinentes identificados na etapa anterior.
3. **Formalização:** formalizar o conhecimento obtido nas fases anteriores.
4. **Implementação:** representar o conhecimento adquirido.
5. **Testes:** realizar experimentos com o sistema desenvolvido utilizando casos ou exemplos.

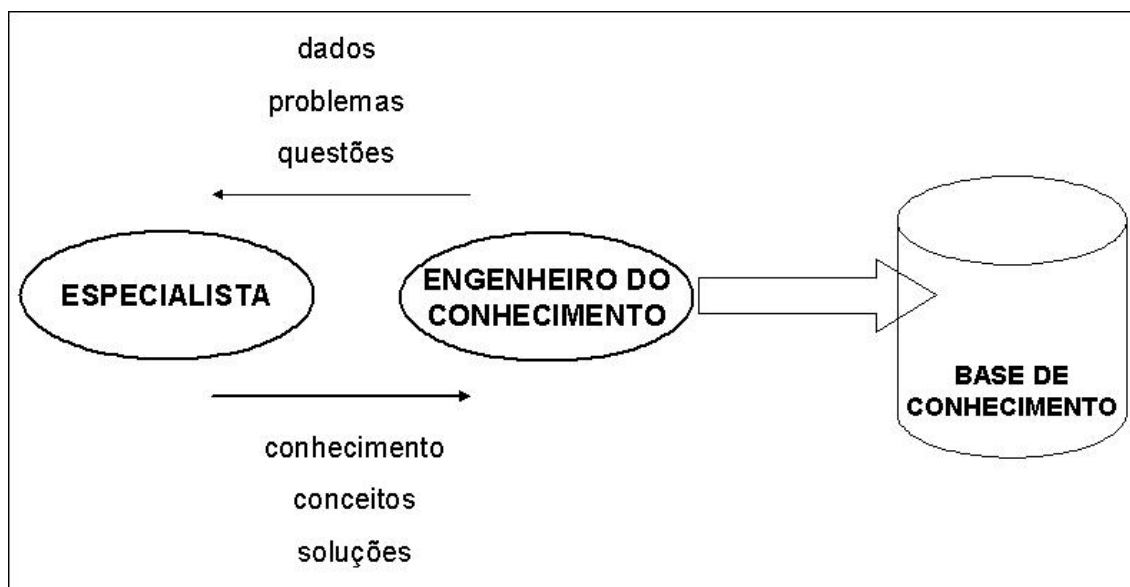


Figura 3.16 – Processo típico de interação entre o especialista e o engenheiro do conhecimento [WAT 86]

3.4.4.1 Recolhendo informações do especialista

Para se obter o conhecimento do especialista diferentes técnicas de extração do conhecimento podem ser utilizadas, sendo algumas arroladas por Greenwell [GRE 88] da forma que segue:

1. **Entrevista** – na maioria dos métodos de aquisição do conhecimento há a inter-relação e interação entre o engenheiro e o especialista, ocorrendo, em muitos casos, papéis de professor e aluno, representados pelo especialista e pelo engenheiro do conhecimento, respectivamente. Neste sentido, alguns fatores cognitivos e psicológicos podem afetar a aprendizagem do engenheiro, tais como diferenças individuais, compressão de conceitos, predisposição, expectativas e concepções preconcebidas.

A entrevista é a forma mais utilizada na aquisição do conhecimento porque se constitui de um esquema de perguntas e respostas. Essa técnica exige do engenheiro, conhecimento do vocabulário do especialista e por parte do especialista, informação, capacidade de elaboração e expressão do conhecimento. Seguem os principais tipos:

1.1. **Entrevista focada** – simula uma conversa normal onde o engenheiro do conhecimento pergunta ao especialista questões elaboradas anteriormente sobre o assunto de interesse. A perda de foco do problema e a habilidade do especialista em transpor o conhecimento podem ser os principais problemas relacionados com este método.

1.2. **Entrevista estruturada** – a diferença dessa entrevista para a focada está no tipo de informação solicitada, que neste caso é muito mais profunda e específica. Uma lista de assuntos importantes deve ser planejada pelo engenheiro do conhecimento que deve ter habilidade para conduzir a entrevista.

2. **“Think aloud” ou observação direta** – a eficácia desse método está na quantidade de informação absorvida pelo engenheiro do conhecimento no processo de observação do especialista na execução de suas tarefas e na explicação simultânea da metodologia que está sendo empregada. Durante este processo, o engenheiro do conhecimento não pode interromper o especialista.

3. **Observação inquisitiva** – difere do método anterior pela possibilidade de interrupção do engenheiro do conhecimento na execução das tarefas do especialista quando achar necessário.

4. **Simulação de cenários** ou **análise de protocolo** – o especialista explica ao engenheiro do conhecimento a técnica utilizada para a resolução de determinado problema em seu trabalho, fazendo uma descrição retrospectiva de casos típicos comuns ou de casos interessantes e raros.

5. **Brainwriting** – consiste no encontro de um grupo de pessoas em torno de uma mesa com folhas contendo espaços em branco para observações sobre o tema proposto. Cada participante pega uma folha, lê o que está escrito, acrescenta algo a respeito e devolve a folha à mesa, fazendo o mesmo processo para todas as folhas contidas na mesa. Na fase seguinte, as idéias são classificadas por ordem de importância, comparando-as duas a duas. A partir desta classificação as informações são tratadas com apoio de procedimentos computacionais.

6. **Lista de fatos** – neste método o engenheiro e especialista tratam do contexto do problema através da listagem dos fatos relacionados a ele, numerando cada elemento da lista e eliminando possíveis redundâncias e estabelecendo a precedência entre os componentes da lista.

7. **Decomposição de metas** ou **método das hipóteses terminais** – este método analisa o processo de inferência utilizado para, a partir de metas ou conclusões, chegar as suas premissas. Listam-se todas as metas em árvores ou taxonomia, desta forma estruturando o conhecimento representado por regras de produção.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo abordou a evolução e a importância do uso computacional na área da saúde, mostrando a relevância de uma aplicação na área médica.

Além disso, através desse capítulo reconheceu-se os conceitos envolvidos na lógica *fuzzy* e os processos que abrangem um sistema especialista *fuzzy*, necessários por ser esta a ênfase do trabalho.

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA PROPOSTA

4.1. CARACTERIZANDO O PROBLEMA

Ao afirmar que para obter uma alimentação saudável deve-se ingerir 50% a 60% de carboidratos, 25% a 30% de lipídios e 10% a 15% de proteínas em relação à caloria total diária ingerida, determina-se que esse dado pertence a um intervalo, sendo que esse intervalo referencia a incerteza presente nestes dados.

Toma-se a seguinte forma para análise da incerteza dos dados: para uma dieta de 2000 calorias diárias e tomando como base a porcentagem dos macronutrientes, pode-se dizer que para se obter uma alimentação saudável deve-se ingerir 1000 a 1200 calorias de carboidratos, 500 a 600 calorias de lipídios e 200 a 300 calorias de proteínas. Mas qual a garantia de que se a ingestão de carboidratos fosse de 900 calorias ou 1250 calorias não se teria mais a mesma forma de alimentação balanceada? O que pode ser dito neste caso é que essas calorias podem ser consideradas ideais, mas com um grau de pertinência menor.

O mesmo tipo de incerteza ocorre ao analisar as calorias ingeridas por refeição. A literatura define que devem ser feitas seis (06) refeições diárias para a dieta alimentar, sendo que o percentual calórico para cada refeição tem uma forte dependência em relação à faixa etária. Para a faixa etária de 7 a 20 anos, as refeições (que são os lanches entre refeições) deterão 30% das calorias ingeridas, sendo 10% para cada uma das refeições, o café da manhã 20%, o almoço 30% e o jantar 20%.

Toma-se como base novamente uma dieta de 2000 calorias diárias. Para esse número de calorias e levando em consideração a porcentagem apresentada anteriormente, devem ser consumidas 600 calorias durante o almoço. O que não pode ser afirmado é que, se for ingerido algumas calorias a mais ou a menos durante esta refeição, esta dieta deixaria de ser adequada.

4.2. REPRESENTAÇÃO DA INCERTEZA

Ao ser verificado que os dados possuem incerteza, necessita-se definir a que tipo de incerteza eles se referem.

Através da análise ocorrida anteriormente, quando foi detectada a presença de incerteza nos dados, pode-se determinar que a incerteza presente nestes dados é a imprecisão.

Conforme estudado anteriormente, quando se detecta a presença de incerteza nos dados sendo esta imprecisa, pode-se tratá-la utilizando a lógica *fuzzy* que gera respostas a partir de informações consideradas vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e imprecisas [ZIM 92]. Através dessa análise pode-se demonstrar que os dados envolvidos na aplicação são de natureza imprecisa e que podem ser tratados pela lógica *fuzzy*, reforçando a abordagem proposta.

4.3. AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO

Para a elaboração do sistema, as fontes de conhecimento foram a literatura apresentada no capítulo 3, fontes adicionais e uma série de entrevistas com o especialista do domínio da aplicação.

As entrevistas foram estruturadas para manter o foco do problema a ser resolvido, pois através dessa forma de entrevista o todo o conhecimento sobre um problema é abordado antes de passar para outros pontos, podendo assim absorver um maior número de informações referentes ao assunto e conhecer as relações entre eles.

4.3.1. Atributos de entrada

Como são realizados dois tipos de avaliação houve a necessidade de se trabalhar com dois grupos de atributos de entrada. Para o diagnóstico diário os atributos de entrada são as calorias dos macronutrientes, ou seja, carboidratos, lipídios e proteínas. Já para o diagnóstico realizado por refeição, serão as próprias refeições que constarão como entrada. Para este caso então se usa como atributos de entrada as calorias das refeições, do café da manhã, do almoço e do jantar.

4.3.2 Valores lingüísticos

Durante o processo de aquisição do conhecimento foram sendo identificadas variáveis (qualificadores) e possíveis valores que estas variáveis poderiam assumir e que seriam pertinentes aos problemas da avaliação alimentar.

Os valores lingüísticos utilizados pelo sistema serão: aceitável, diminuir e aumentar.

4.3.3 Funções de Pertinência

Para não haver uma mudança tão abrupta entre os conjuntos, optou-se pelo uso das funções de pertinência Z, Sino e S. Utilizando essas funções percebe-se que o dado deixa de pertencer a um conjunto e começa a pertencer a outro de uma maneira suave pela forma de representação das funções, fator importante para avaliação desse domínio.

4.3.4 Universo de Discurso

O intervalo numérico de todos os valores possíveis que uma variável pertencente a um modelo pode assumir forma o Universo de Discurso deste modelo.

Os dados utilizados no universo de discurso das funções de pertinência utilizadas pelo sistema foram baseados na experiência do especialista.

Devido ao fato do sistema permitir trabalhar com diferentes valores calóricos diários, o universo de discurso das variáveis utilizadas no sistema é um intervalo percentual, adequando-se com o número total de calorias escolhidas.

As variáveis de entrada do sistema tem como valores lingüísticos os termos aumentar, aceitável e diminuir, e serão representados pelas funções de pertinência Z, Sino e S, respectivamente. Para todas as variáveis o universo de discurso pertence ao intervalo percentual de 0 a 100%.

4.3.5 Base de Conhecimento

A criação de uma larga e detalhada base de conhecimento necessária para melhorar substancialmente o desempenho de sistemas especialistas tem sido uma tarefa extremamente difícil. Para a criação da base de conhecimento do sistema proposto

utilizou-se a ferramenta *shell Matlab* [MAT 01] como forma de facilitar essa operação, uma vez que essa ferramenta tem o poder de criar automaticamente as regras para um domínio especificado.

A base de conhecimento do sistema, que pode ser vista no APÊNDICE I, é constituída por regras de produção do tipo “*se A então B*” que contém o conhecimento obtido pela literatura pesquisada e pelas entrevistas realizadas com o especialista consultado.

As regras possuem a forma [BIT 01]

$$R_j: \text{Se } x_1 \text{ é } A_{1j} \text{ e } \dots \text{ e } x_n \text{ é } A_{nj} \text{ então } y \text{ é } B_j$$

sendo A e B conjuntos representando variáveis lingüísticas sobre os universos de discurso U e V . Considerando ainda que $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ são sub-conjuntos de U e $B_1, B_2, B_3, \dots, B_N$ são subconjuntos de V pode-se definir a relação como [MEN 93], [MES 02]:

Regra 1: se A_1 então B_1 , **ou**

Regra 2: se A_2 então B_2 , **ou**

Regra 3: se A_3 então B_3 , **ou**

:

:

Regra N: se A_N então B_N

4.4. MÁQUINA DE INFERÊNCIA

A máquina de inferência é o local do SE que busca, analisa e gera novos conhecimentos, gerenciando situações de incerteza e gerando hipóteses a partir das informações contidas na Base de Conhecimento. A partir de valores de entrada, esse processo define a ordem de processamento das informações, manipula o conhecimento contido na base de conhecimento com a finalidade de chegar a conclusões ou recomendar ações, ou seja, de resolver o problema.

Para determinar a forma de processamento das regras no sistema desenvolvido foram feitos testes utilizando diferentes t -normas para implementar o conectivo “e” que foram relacionadas a diferentes t -conormas para implementar o conectivo “ou”. O

intuito dessa relação é verificar qual a *t-norma* e *t-conorma* que melhor adequa o resultado final do sistema ao pensamento do especialista.

Primeiramente foi utilizada a estratégia da inferência determinada pelo método Mamdani [LEE 90a], [LEE 90b], comumente utilizada em sistemas *fuzzy*. A implicação por Mamdani segue a utilização da *t-norma* e a *t-conorma* Padrão:

$$\textbf{Intersecção Padrão} \rightarrow \min[\mu A(x), \mu B(x)]$$

$$\textbf{União Padrão} \rightarrow \max[\mu A(x), \mu B(x)]$$

Após a utilização dessa estratégia, foram realizados testes utilizando a *t-norma* Padrão e a *t-conorma* Soma Limitada, metodologia utilizada em [BRO 01]:

$$\textbf{Intersecção Padrão} \rightarrow \min[\mu A(x), \mu B(x)]$$

$$\textbf{Soma Limitada} \rightarrow \min[1, \mu A(x) + \mu B(x)]$$

Dando seqüência aos testes foram utilizadas a *t-norma* Diferença Limitada e a *t-conorma* Soma Limitada:

$$\textbf{Diferença Limitada} \rightarrow \max[0, \mu A(x) + \mu B(x) - 1]$$

$$\textbf{Soma Limitada} \rightarrow \min[1, \mu A(x) + \mu B(x)]$$

finalizando com a *t-norma* Produto Algébrico e a *t-conorma* Soma Algébrica:

$$\textbf{Produto Algébrico} \rightarrow \mu A(x) * \mu B(x)$$

$$\textbf{Soma Algébrica} \rightarrow \mu A(x) + \mu B(x) - \mu A(x) * \mu B(x)$$

O primeiro teste para definir a máquina de inferência foi realizado para uma dieta alimentar diária de 2000 kcal. Observou-se o consumo de 920 kcal de carboidratos (46%), 220 kcal de proteínas (11%) e 440 kcal de lipídios (22%). Estas calorias foram consideradas inadequadas pelo especialista que expressou um grau de pertinência entre 0,1 e 0,20 para uma dieta alimentar adequada. O resultado das inferências para as diferentes *t-normas* e *t-conormas* apresentadas anteriormente pode ser visto na figura 4.2.

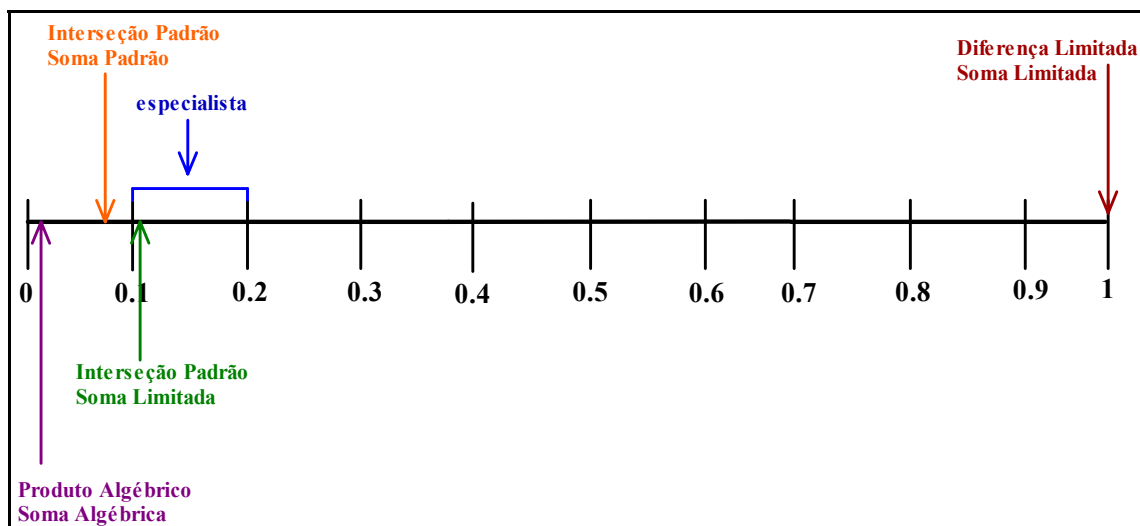


Figura 4.1: Resultados das inferências para o primeiro teste

Outro teste foi realizado para uma dieta alimentar diária de 2000 kcal. Observou-se o consumo alimentar diário foi de 920 kcal de carboidratos (46%), 340 kcal de proteínas (17%) e 700 kcal de lipídios (35%). De maneira análoga, o especialista julgou que a dieta escolhida é menos adequada que a anterior. O resultado das inferências para as diferentes *t-normas* e *t-conormas* apresentadas anteriormente pode ser na figura 4.3.

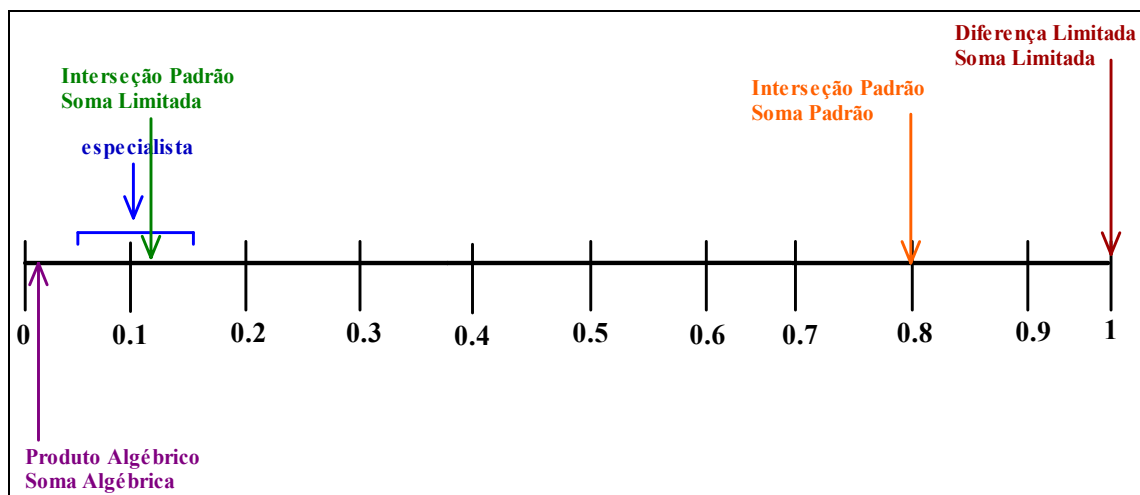


Figura 4.2: Resultados das inferências para o segundo teste

Como pode ser verificado nas figuras 4.2 e 4.3, o resultado da inferência que mais se aproxima com o pensamento do especialista é obtido quando utilizada a *t-norma* Interseção Padrão para implementar a premissa das regras e a *t-conorma* Soma Limitada para a implicação, sendo este método implementado no sistema HORUS.

4.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como apresentado anteriormente, nem todo SEF necessita da implementação do quarto componente, o de *desfuzzificação*, no seu sistema. Esse foi o caso do sistema HORUS desenvolvido. Segundo Ibrahim [IBR 04], “o uso da lógica *fuzzy* requer o conhecimento do especialista humano para criar um algoritmo que imite seu conhecimento e pensamento”. Tendo como base essa afirmação, chegou-se à conclusão que não seria necessário ter esse processo, na medida que a operação de *desfuzzificação* é aplicada para determinar o melhor valor *crisp* de saída [IBR 04], não caracterizando o raciocínio do especialista. Dessa forma, verificou-se que a análise dos resultados da escolha alimentar teria mais eficácia com a observação do resultado final da inferência para avaliar a adequação da dieta alimentar. Assim, a análise dos conjuntos *fuzzy* do sistema, diminuir, aceitável e aumentar, deve ser avaliada para informar ao usuário as mudanças de hábitos alimentares necessárias.

O especialista considera que é muito difícil um indivíduo ter uma alimentação totalmente adequada, e reconhece ainda que a saúde de um indivíduo tem ligação com a à prática de atividades físicas. Partindo dessa afirmação, a avaliação da dieta alimentar seguirá regras de produção para informar ao usuário o quanto é adequada a dieta alimentar escolhida.

A prática do especialista em educação alimentar sempre é focada na adequação da dieta de forma a promover as mudanças de hábito alimentar se necessárias. Partindo do pensamento da especialista as regras de produção consideram a saída da inferência *fuzzy* para o conseqüente Correta da seguinte forma (figura 4.4), aonde os valores limites 0,4 e 0,7 foram sugeridos pelo especialista.

Regra 1: Se o conseqüente Correta tiver valor de pertinência entre 0 e 0.4 a dieta alimentar será considerada Inadequada devendo ser informado as mudanças necessárias na alimentação.

Regra 2: Se o conseqüente Correta tiver valor de pertinência entre 0.4 e 0.7 a dieta alimentar será considerada Parcialmente Adequada devendo ser informado as mudanças necessárias na alimentação.

Regra 3: Se o conseqüente Correta tiver valor de pertinência maior que 0.7 a dieta alimentar será considerada Adequada não havendo necessidade de informar as mudanças na alimentação.



Figura 4.3: Régua de adequação alimentar

Para informar as mudanças de hábitos alimentares leva-se em conta o grau de pertinência do elemento de entrada aos conjuntos Aumentar, Aceitável e Diminuir. Escolheu-se o valor 0,5 por ser este o valor de pertinência central do intervalo $[0;1]$. Se o grau de pertinência para o conjunto Aceitável for igual ou maior que 0.5, considera-se que não há a necessidade de mudanças alimentares. Se o grau de pertinência for menor que 0,5 analisa-se de duas formas:

- verifica se existe pertinência a outro conjunto vizinho podendo ser Aumentar ou Diminuir. Se houver, as mudanças são relativas ao conjunto com grau de pertinência maior que zero.
- se não existir pertinência a outro conjunto vizinho a análise é realizada em função do número de calorias consumidas para o intervalo de calorias desejadas.

Os resultados são apresentados ao usuário na forma de tabelas informando os dados referentes ao monitoramento alimentar e em gráficos que estabelecem o confronto entre os dados para uma alimentação adequada e os escolhidos pelo usuário. Se houver necessidade são informadas as mudanças na dieta alimentar.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo destinou-se ao estudo da metodologia de construção do sistema proposto analisando todas as etapas envolvidas no processo, conforme apresentado na figura 4.5.

Finalizado o estudo, partiu-se para o desenvolvimento do sistema HORUS. Todas as fases desse desenvolvimento serão apresentadas no capítulo que segue.

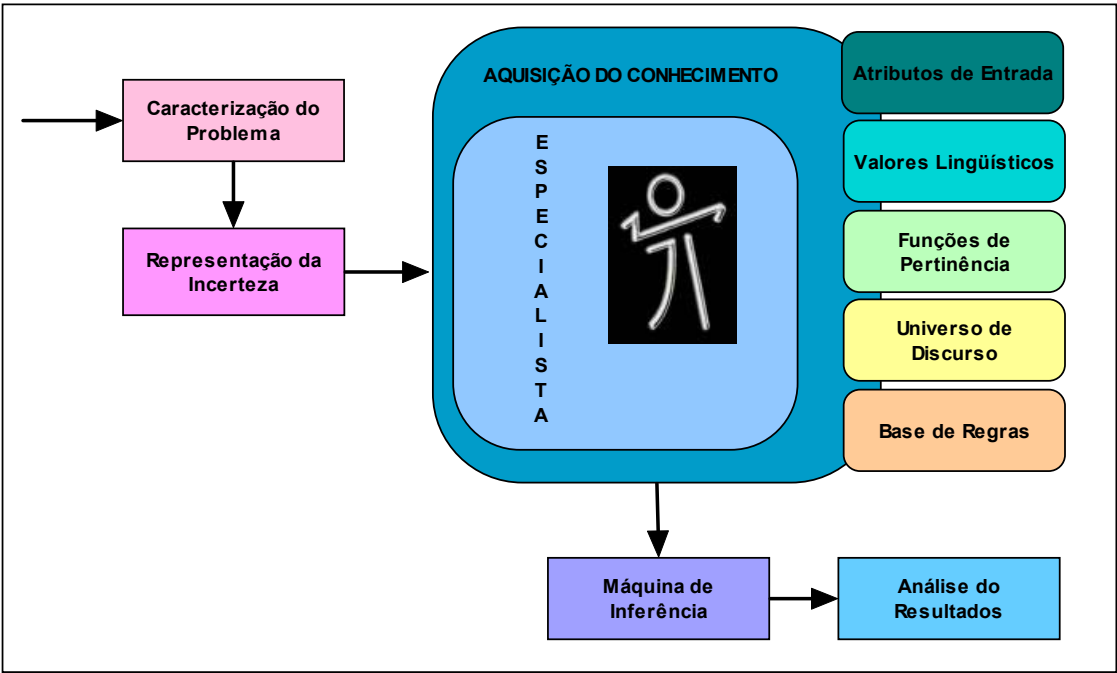


Figura 4.4: Metodologia de construção do sistema HORUS

CAPÍTULO V

O SISTEMA HORUS

5.1. DEFINIÇÃO DO SISTEMA HORUS

O sistema especialista de monitoramento e orientação alimentar – HORUS – foi desenvolvido com o objetivo de analisar a qualidade da alimentação dos usuários do sistema e ainda fornecer orientações sobre uma alimentação saudável. O HORUS é um sistema especialista *fuzzy* baseado na *Web* que incorpora as técnicas da lógica *fuzzy* no tratamento das imprecisões presentes na avaliação.

O desenvolvimento do sistema baseou-se na metodologia apresentada no capítulo 4 fundamentada pela teoria descrita no capítulo 3, que aborda a lógica *fuzzy* e sistemas especialistas que utilizam essa lógica, aplicando as características relevantes sobre alimentação e orientação abordadas no capítulo 2.

O HORUS, como já exposto anteriormente, possui dois módulos que se diferenciam pela forma de abordagem do tema proposto: alimentação. Um dos módulos aborda a alimentação na forma de orientação, tratando de temas como comportamento alimentar, necessidades nutricionais, o uso da pirâmide alimentar, refeições e distribuição de calorias entre outros temas importantes para se conseguir uma alimentação adequada. O outro módulo monitora o comportamento alimentar do usuário através das suas escolhas alimentares para as diferentes refeições realizadas.

Este capítulo descreve sucintamente estes módulos especificando a forma de se trabalhar com o sistema HORUS e analisar os resultados obtidos dele.

5.2. MÓDULO ORIENTAÇÃO ALIMENTAR

A base de conhecimento para elaboração do módulo de orientação alimentar foi fundamentado em itens abordados no projeto de atendimento nutricional oferecido para crianças e adolescentes, público alvo da pesquisa, proposto no Centro de Pesquisas Aplicadas à Saúde (CEPAS), da Universidade São Marco em São Paulo. Deste projeto foram retirados alguns conceitos, selecionados pelo especialista do domínio, para serem expostos neste módulo. O projeto CEPAS, constando todos os itens abordados, pode ser encontrado no ANEXO I.

Os temas selecionados pelo especialista para serem trabalhados no módulo de orientação educacional serão citados a seguir:

- a) Balanço Energético – ingestão e gasto de energia;
- b) Comportamento alimentar durante a refeição – mastigação, líquidos com refeição, atividades durante refeição, percepção da quantidade de alimentos na refeição;
- c) O que são e quais as fontes alimentares dos carboidratos, gorduras e proteínas;
- d) Pirâmide dos alimentos e o equilíbrio da alimentação;
- e) Conhecendo as calorias dos alimentos;
- f) Trabalhando com as substituições;
- g) Elaborando uma alimentação saudável e equilibrada;
- h) Como obter uma alimentação saudável;
- i) Número de refeições – distribuição das calorias entre as refeições;
- j) Necessidades variam de acordo com a idade, sexo e tamanho corporal (peso);
- k) Alimentação adequada através da Pirâmide Alimentar;
- l) Pirâmide – o que é?; grupos?; porções?; calorias?
- m) Macronutrientes – Proteína, Lipídios, Carboidratos e Fibras – Definição, intervalos.

Os temas serão abordados em forma de texto, utilizando uma linguagem que facilite a compreensão desses conceitos pelo usuário do sistema.

Clicando no *link* “Orientação Alimentar” que se encontra na tela principal do sistema HORUS, o usuário tem acesso aos diversos temas, que serão listados através de uma árvore de diretório.

As fontes utilizadas para compor os conceitos supracitados são a pesquisa realizada para o desenvolvimento desta dissertação, apresentada em capítulos anteriores, bibliografias adicionais e o conhecimento do especialista.

5.3. MÓDULO MONITORAÇÃO ALIMENTAR

A avaliação de uma dieta balanceada ocorre em relação a dois quesitos: verifica-se os macronutrientes ingeridos diariamente e o percentual calórico ingerido durante as refeições. A pergunta básica que o sistema proposto deve responder é a seguinte: as

refeições e os alimentos selecionados para cada uma delas simulam uma dieta alimentar diária adequada para as calorias sugeridas?

Para responder adequadamente essa pergunta iniciou-se os trabalhos com a escolha dos alimentos que farão parte da pirâmide alimentar que será disponibilizada pelo sistema HORUS.

Os alimentos disponíveis para escolha em cada grupo da pirâmide alimentar foram selecionados na base de alimentos apresentada no artigo “Pirâmide Alimentar para crianças de 2 a 3 anos” [PHI 03]. Os alimentos estão divididos em oito anexos, cada um representando um grupo de alimentos, e apresentam a medida caseira do alimento para uma porção, a caloria corresponde a esta porção e o peso do alimento em gramas. A base completa dos alimentos apresentados no artigo citado pode ser vista no ANEXO II.

Cada alimento selecionado foi armazenado de acordo com o nível caracterizado pela pirâmide alimentar brasileira. A medida caseira, peso e caloria por porção foram mantidas por não interferirem no resultado final da avaliação proposta, mesmo sendo esta base alimentar montada para uma dieta de 1300 kcal diária.

A seguir apresenta-se o processo de funcionamento do sistema para o módulo de monitoramento alimentar que segue o diagrama apresentado na figura 5.1.

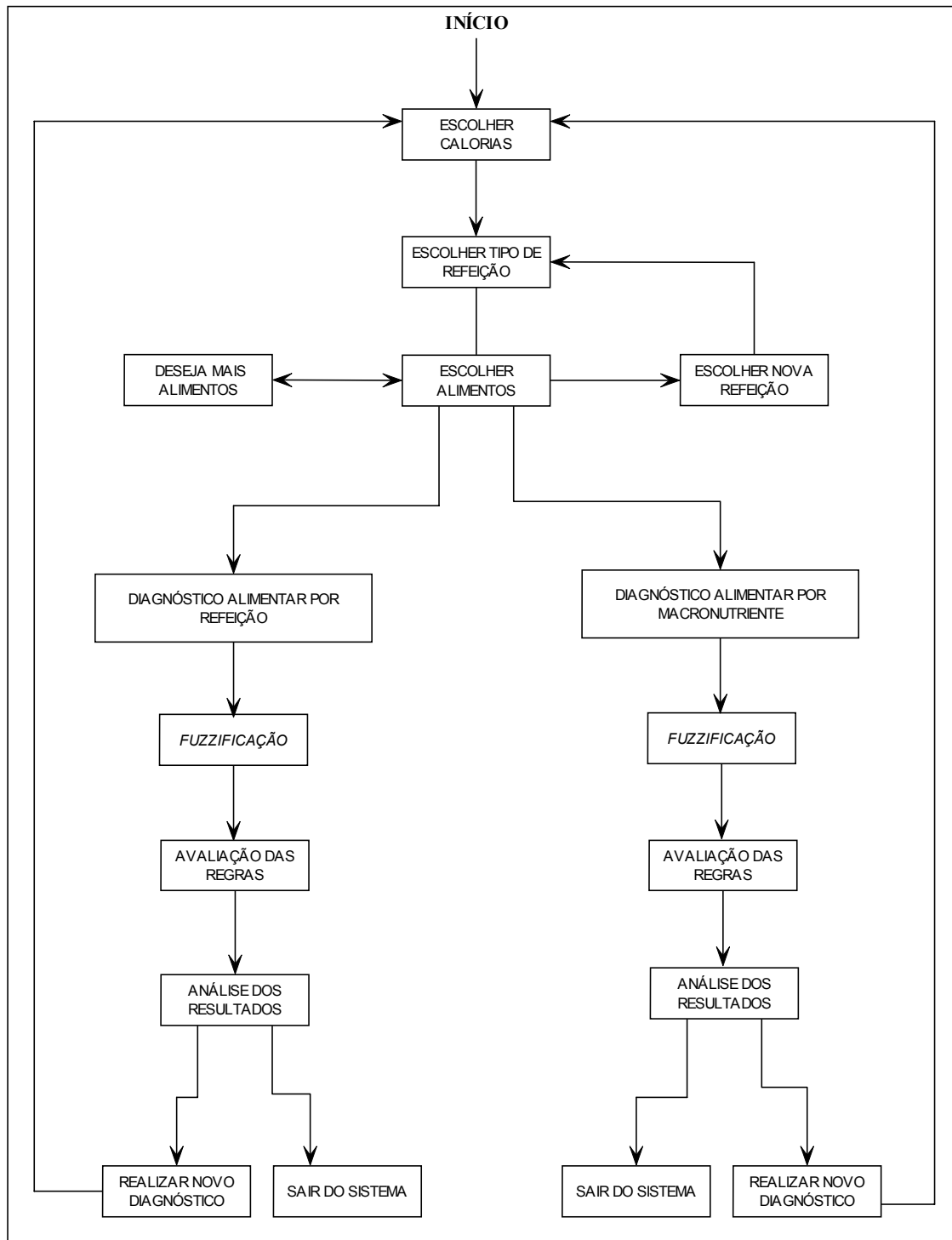


Figura 5.1: Diagrama de fluxo de processamento do sistema HORUS para módulo de Monitoração Alimentar

5.3.1. Definindo as calorias

O sistema HORUS foi desenvolvido para crianças e adolescentes de 7 a 20 anos para um nível calórico diário de 2000 kcal. Desejando alterar esse valor, o sistema se adapta para avaliar os resultados da alimentação de acordo com o total calórico escolhido.

É importante frisar que os níveis calóricos diários diferem de pessoa para pessoa e dependem de diversos fatores, sendo desejável o auxílio de um profissional da saúde para identificar o número de calorias que melhor se adequa ao perfil do usuário.

No HORUS, ao clicar no *link* Monitoração Alimentar disponível na tela inicial do sistema, abre uma tela que permite a alteração dessas calorias. Se não houver essa alteração, o sistema admite as calorias pré-definidas.

5.3.2. Escolhendo a refeição

Depois de definir a quantidade de calorias diárias, o segundo passo é a escolha da refeição.

Diariamente o processo de alimentação deve conter seis (06) refeições, incluindo as principais que são o café da manhã, o almoço e o jantar, intercalados pelas refeições que são os pequenos lanches.

A alimentação diária segue a seguinte ordem:

- 1º) Café da Manhã
- 2º) Colação ou Lanche da Manhã
- 3º) Almoço
- 4º) Colação ou Lanche da Tarde
- 5º) Jantar
- 6º) Colação ou Lanche da Noite

Escolhida a refeição passa-se para a escolha dos alimentos que farão parte dessa refeição.

5.3.3. Escolhendo os alimentos

A escolha dos alimentos acontece através da pirâmide alimentar que é dividida em quatro (04) níveis e oito (08) grupos alimentares, sendo a base da pirâmide composta de alimentos que devem ser ingeridos com maior frequência e o topo aqueles de consumo moderado.

Na base da pirâmide ou primeiro nível está o grupo dos Cereais, Pães, Tubérculos e Raízes, e no nível dois encontram-se dois grupos alimentares, o das Hortaliças e das Frutas. O terceiro nível da pirâmide está dividido em três partes e contém o grupo do Leite e Produtos Lácteos, o grupo das Carnes e Ovos e o grupo das Leguminosas. No topo da pirâmide, quarto nível, encontra-se o grupo dos Óleos e Gorduras e dos Açúcares e Doces.

A escolha alimentar para determinada refeição ocorre através da seleção dos alimentos em seus grupos alimentares referentes na pirâmide e informando o número de porções que se deseja de cada alimento. Para facilitar a escolha das porções, cada alimento contém como informação adicional a porção em medida caseira (colher, fatia, unidade, entre outros), seu referencial em calorias e peso em gramas. Finalizada a seleção dos alimentos, pode-se verificar o número de calorias total selecionado no grupo.

As calorias são armazenadas de duas formas: de acordo com os macronutrientes correspondentes aos alimentos selecionados e em função da refeição escolhida.

Após a escolha das refeições e dos alimentos desejados inicia-se o processo de diagnóstico que avalia a qualidade dessa alimentação. O diagnóstico alimentar ocorre em duas etapas distintas: uma que se refere a avaliar a distribuição dos nutrientes de uma alimentação diária e a outra em relação a distribuição calórica durante cada refeição dessa alimentação.

5.3.4. Diagnóstico alimentar por macronutriente

Para se obter uma alimentação adequada, o total calórico diário ingerido deve respeitar uma proporcionalidade em relação à distribuição dos macronutrientes dos alimentos que deve ser de 50% a 60% de carboidratos, 25% a 30% provenientes dos lipídios e ter de 10% a 15% origem nas proteínas.

Portanto, utilizam-se como entradas para este diagnóstico, os valores calóricos armazenados referentes aos carboidratos, aos lipídios e as proteínas. Percebe-se assim a presença de imprecisão, devido ao intervalo percentual presente nestes dados, reafirmando a necessidade de utilização da lógica *fuzzy*, que faz o tratamento desse tipo de incerteza.

5.3.4.1. Fuzzificando os dados de entrada

Cada dado de entrada será *fuzzificado* de acordo com a função de pertinência para cada conjunto *fuzzy* criado, informando, dessa forma, o grau de pertinência do elemento ao conjunto.

Para cada variável de entrada o HORUS utiliza três conjuntos *fuzzy*: Aumentar, Aceitável e Diminuir, sendo representados pelas funções de pertinência do tipo Z, Sino e S respectivamente. Os parâmetros das funções de pertinências são proporcionalmente referentes ao total de calorias diárias referida para avaliação alimentar.

Ao final do processo de *fuzzificação* obtém-se a pertinência dos dados de entrada de cada variável aos conjuntos *fuzzy*.

A seguir encontram-se os valores dos parâmetros das funções de pertinência para as variáveis Carboidrato, Proteína e Lipídio.

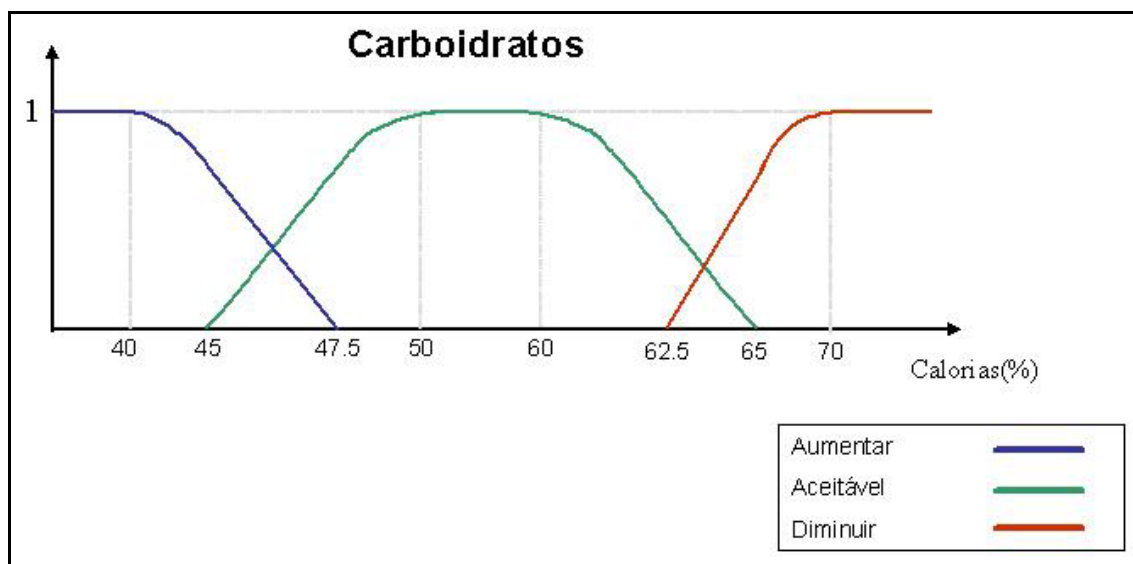


Figura 5.2: Parâmetros das Funções de Pertinência para variável Carboidrato

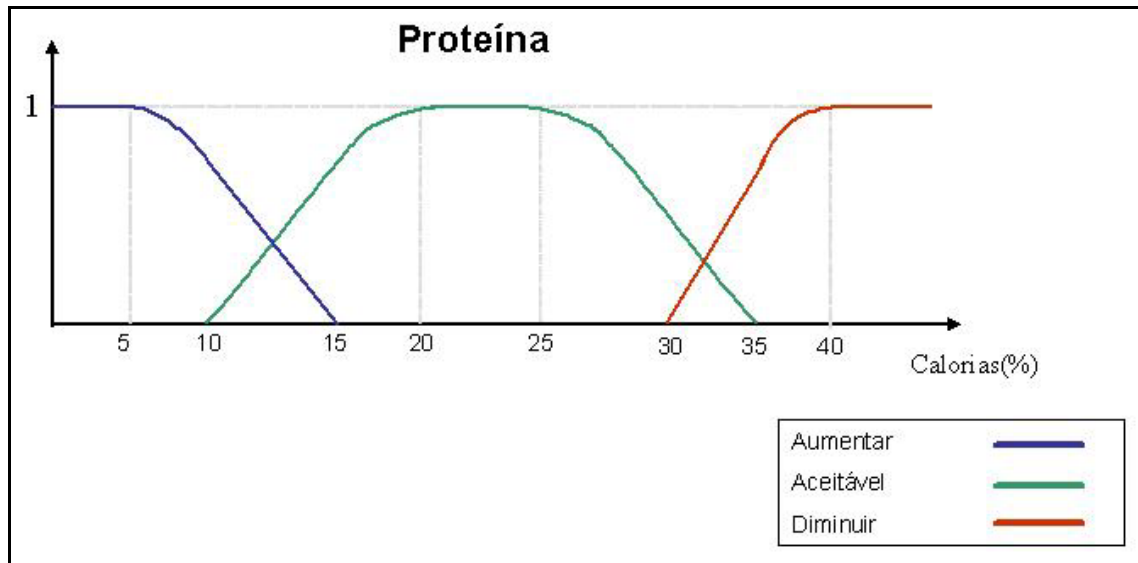


Figura 5.3: Parâmetros das Funções de Pertinência para variável Proteína

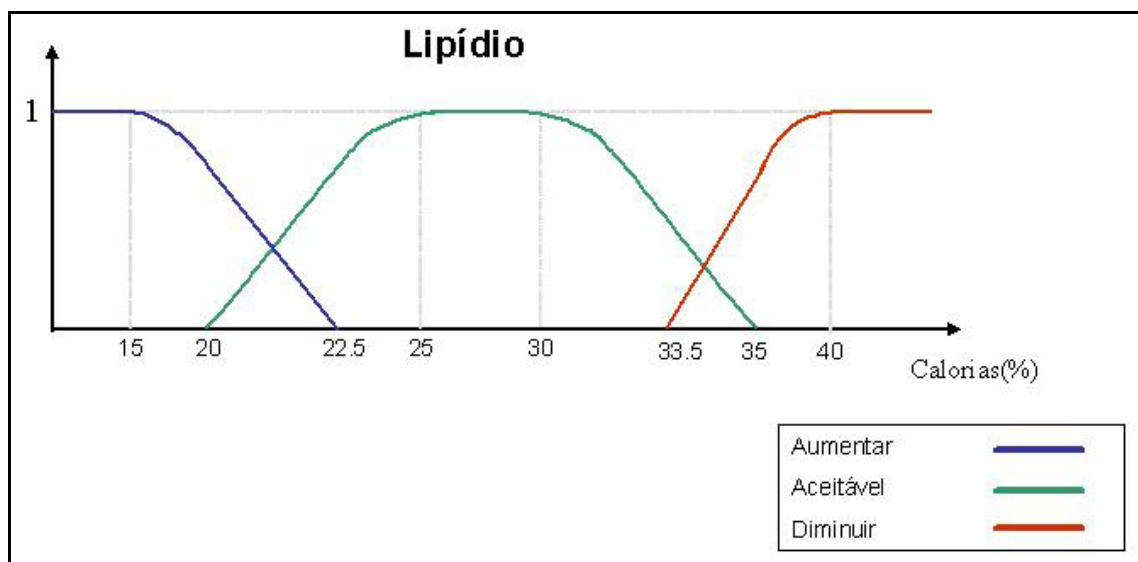


Figura 5.4: Parâmetros das Funções de Pertinência para variável Lipídio

5.3.4.2. Avaliando Regras

Após a *fuzzificação* dos dados de entrada devem ser encontradas as regras que estão habilitadas a disparar na base de conhecimento.

A base de conhecimento do sistema HORUS é composta de um conjunto de regras do tipo SE - ENTÃO onde as variáveis de entrada fazem parte dos antecedentes das regras representando a condição alimentar e os consequentes das regras - Correta e Incorreta - representam a conclusão dessa condição alimentar. As regras que compõem

a base de conhecimento são analisadas ao mesmo tempo, ou seja, quando existe uma entrada todas as regras que compõem a base de conhecimento são disparadas para produzir uma saída.

Partindo do princípio da utilização do método de inferência que utiliza a *t-norma* Interseção Padrão e a *t-conorma* Soma Limitada no desenvolvimento do sistema HORUS, quando a entrada é fornecida todas as regras que fazem parte de sua base de conhecimento são disparadas, selecionando, ao final, apenas o menor grau de pertinência encontrado em cada regra. Disparadas as regras e selecionados os menores graus de pertinência, soma-se os graus de pertinência selecionados para o conseqüente Correto. Esse valor *fuzzy* encontrado serve como entrada da régua de adequação para assim obter a conclusão da avaliação diante dos valores de entrada informados.

5.3.4.3. Análise dos Resultados

Como o objetivo é o acompanhamento da dieta alimentar não é desejável que se tenha como resultado apenas se a alimentação é adequada ou não para o consumo, sem a oportunidade de verificar quais as falhas ocorridas, se houver. Pensando nisso, o processo de *desfuzzificação* não foi implementado, informando para análise final os resultados obtidos da inferência.

Para facilitar a análise da avaliação alimentar em relação aos macronutrientes ingeridos, saber qual a melhor atitude a ser tomada ou onde devem ser modificados os hábitos alimentares, serão apresentados três blocos de informação contendo os resultados do acompanhamento da dieta.

Primeiramente serão informados em uma tabela os valores calóricos totais consumidas durante a avaliação para cada macronutriente. Além disso, é informado o número de porções de alimentos ingeridos que possuem fibra em sua composição, figura 5.5.

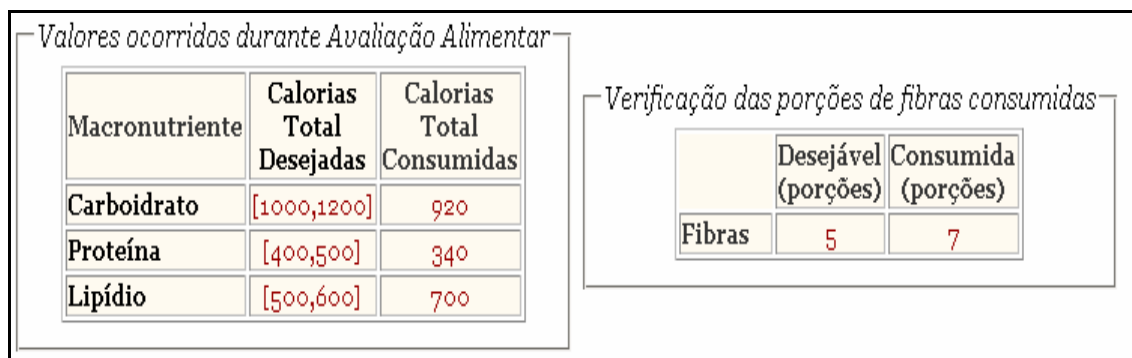


Figura 5.5: Tabelas com as calorias por macronutrientes e porções de fibras consumidas durante dieta alimentar diária

Em outro bloco será informado o resultado da monitoração alimentar, ou seja, será informado se a avaliação alimentar foi Adequada ou Inadequada. Será informado ainda, onde devem ocorrer e quais são as alterações alimentares, desenvolvendo um senso crítico para mudanças de hábitos alimentares. Esse bloco de informações pode ser verificado na figura 5.6.

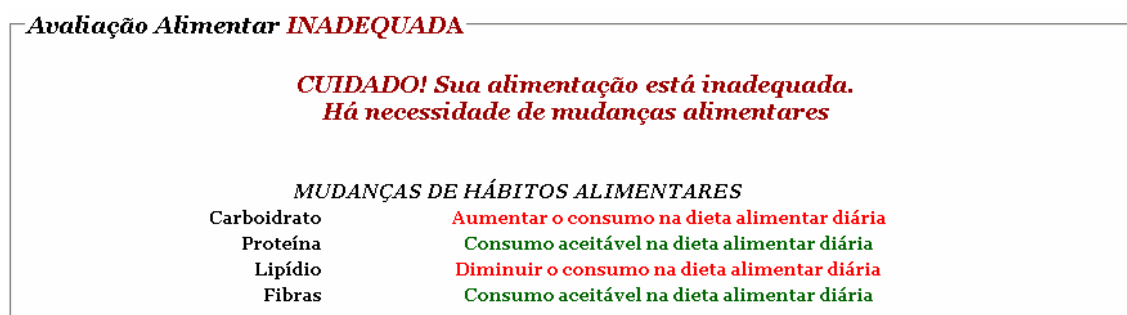


Figura 5.6: Resultado da avaliação alimentar por macronutrientes e indicadores de mudanças de hábitos alimentares

Finalizando, será possível analisar graficamente o resultado do acompanhamento alimentar através de um gráfico que compara as calorias ocorridas durante a alimentação com as calorias esperadas para que essa alimentação fosse considerada adequada, figura 5.7.

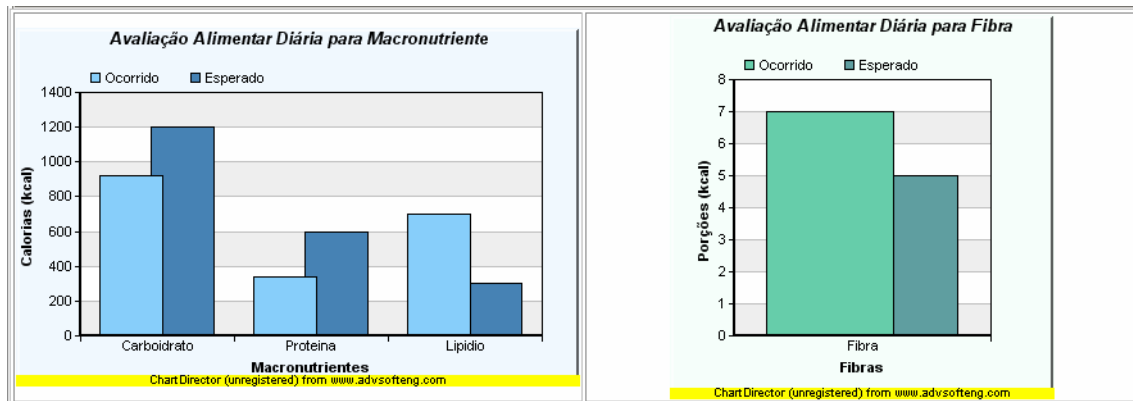


Figura 5.7: Gráfico comparativo das calorias ingeridas durante refeições em uma dieta alimentar

5.3.5. Diagnóstico alimentar por refeição

A alimentação adequada em relação à refeição deve ser constituída de seis (06) refeições diárias, cada uma respeitando um valor máximo calórico, que é definido de acordo com a faixa etária, em relação ao total de calorias ingeridas diariamente. Portanto além das refeições principais – café da manhã, almoço e jantar – devem ser feitos lanches pequenos chamados de colações que intercalam as refeições principais. A proporcionalidade em relação ao total calórico diário para a faixa etária de 07 a 20 anos deve ser de 20% para o café da manhã, 30% para o almoço, 20% para o jantar e 10% para as demais colações.

Portanto, utilizam-se como entradas para este diagnóstico, os valores calóricos de cada refeição realizada.

5.3.5.1. Processo de *fuzzificação*

As variáveis de entrada para esse diagnóstico são as calorias das refeições realizadas, sendo que para cada variável utilizam-se três conjuntos *fuzzy* Aumentar, Aceitável e Diminuir que são representados pelas funções de pertinência Z, Sinus e S respectivamente. Novamente utilizam-se como parâmetros das funções de pertinências a proporcionalidade em relação ao total de calorias diárias referida para avaliação alimentar.

Os valores dos parâmetros das funções de pertinência para as variáveis Café da Manhã, Almoço, Jantar e Colação serão apresentados nas tabelas que seguem.

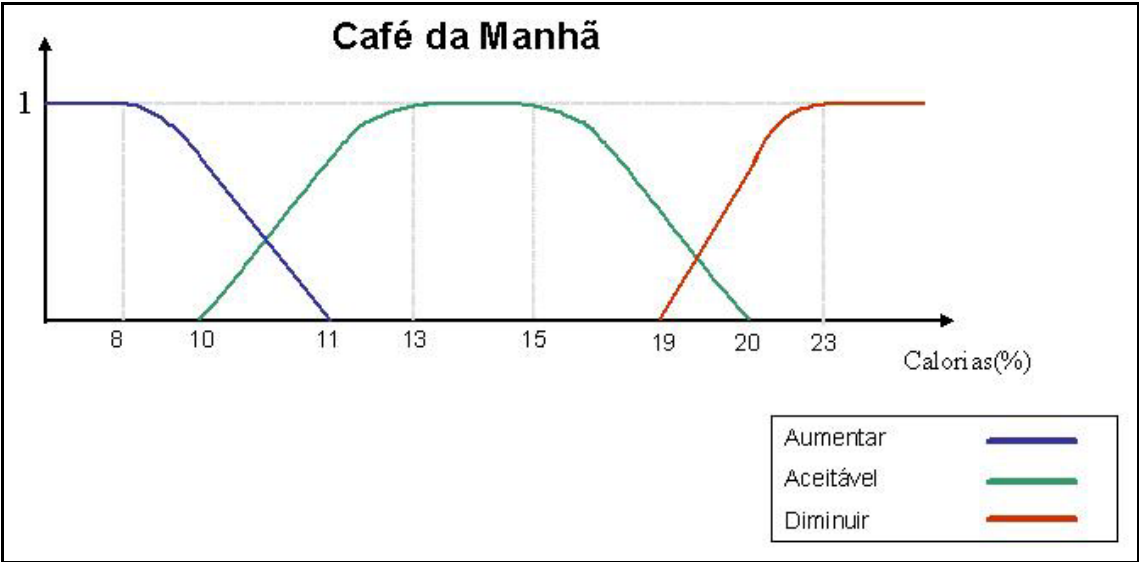


Figura 5.8: Parâmetros das Funções de Pertinência para variável Café da Manhã

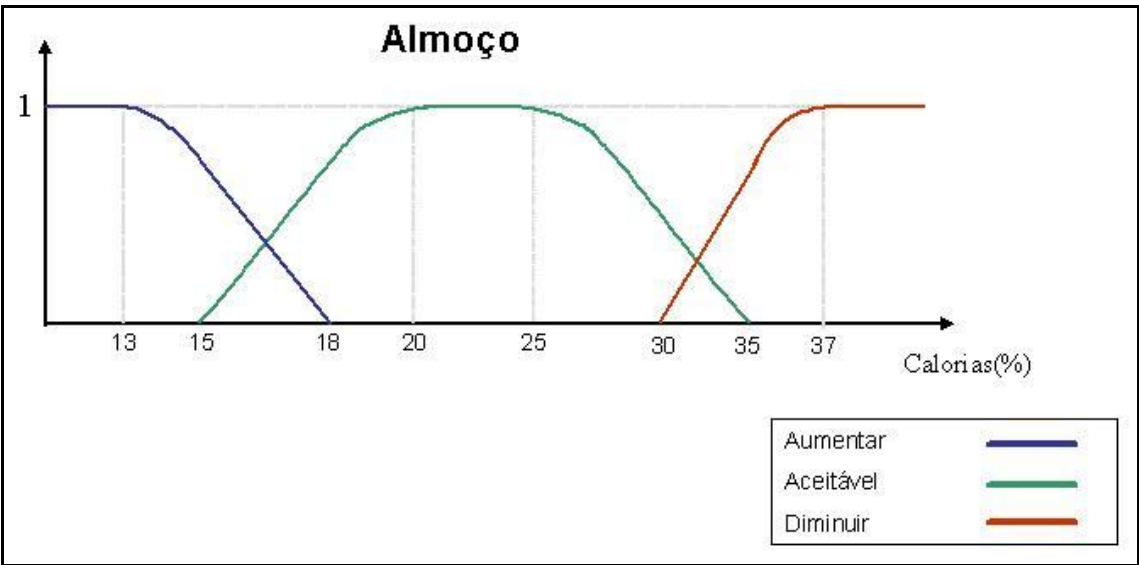


Figura 5.9: Parâmetros das Funções de Pertinência para variável Almoço

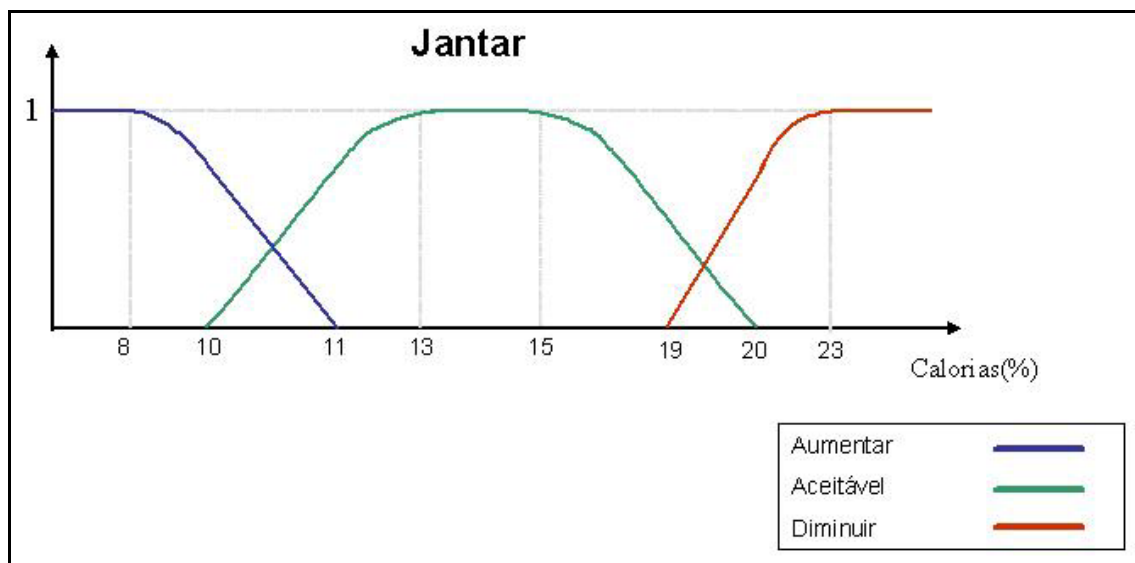


Figura 5.10: Parâmetros das Funções de Pertinência para variável Jantar

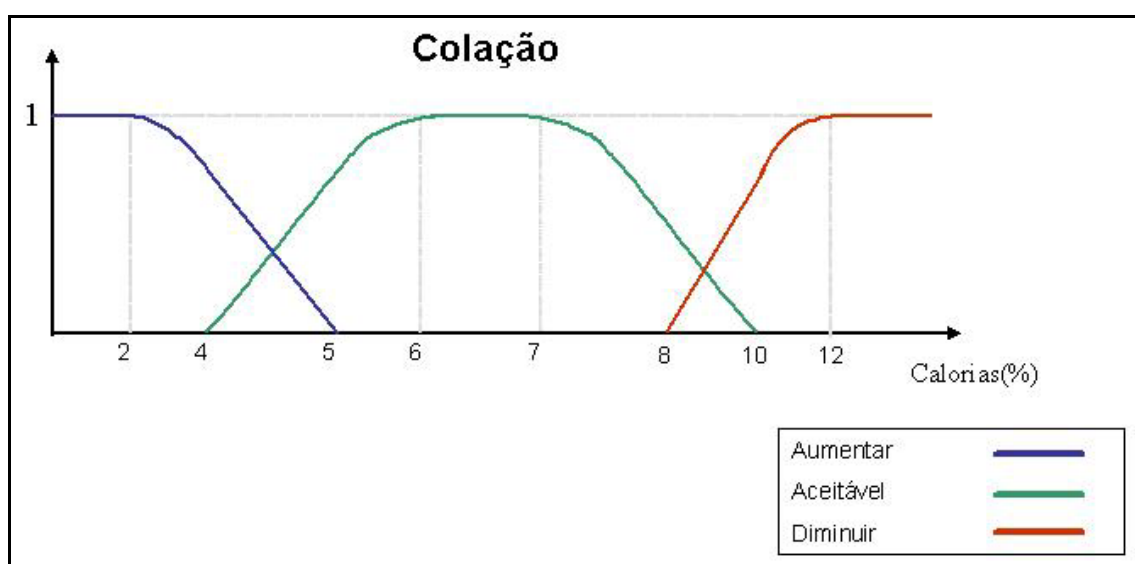


Figura 5.11: Parâmetros das Funções de Pertinência para variável Colação

5.3.5.2. Avaliando Regras

O processo de avaliação de regras desse diagnóstico segue o mesmo modelo da avaliação de regras do diagnóstico alimentar por macronutrientes, que pode ser visto no item 5.3.4.2.

5.3.5.3. Análise dos Resultados

A análise dos resultados novamente segue a mesma forma de avaliação apresentada para o diagnóstico alimentar por macronutrientes.

Como visto anteriormente, serão apresentados três blocos de informação contendo os resultados da alimentação efetuada, diferenciando-se do anterior apenas pelos valores informados, que agora se refere às refeições e não mais aos macronutrientes.

Valores ocorridos durante Avaliação Alimentar

Refeicao	Calorias Total Desejadas	Calorias Total Consumidas
Café da Manhã	[156,180]	195
Colação/Lanche Manhã	[72,84]	90
Almoço	[240,300]	209
Colação/Lanche Tarde	[72,84]	90
Jantar	[156,180]	190
Colação/Lanche Noite	[72,84]	90

Figura 5.12: Calorias consumidas por refeição durante avaliação alimentar

Avaliação Alimentar **PARCIALMENTE ADEQUADA**

***Sua alimentação está parcialmente adequada.
Há necessidade de mudanças alimentares***

MUDANÇAS DE HÁBITOS ALIMENTARES

Café da Manhã	Consumo aceitável na dieta alimentar diária
Colação/Lanche da Manhã	Consumo aceitável na dieta alimentar diária
Almoço	Aumentar o consumo na dieta alimentar diária
Colação/Lanche da Manhã	Consumo aceitável na dieta alimentar diária
Jantar	Consumo aceitável na dieta alimentar diária
Colação/Lanche da Manhã	Consumo aceitável na dieta alimentar diária

Figura 5.13: Resultado da avaliação alimentar diária por refeição e indicadores de mudanças de hábitos alimentares

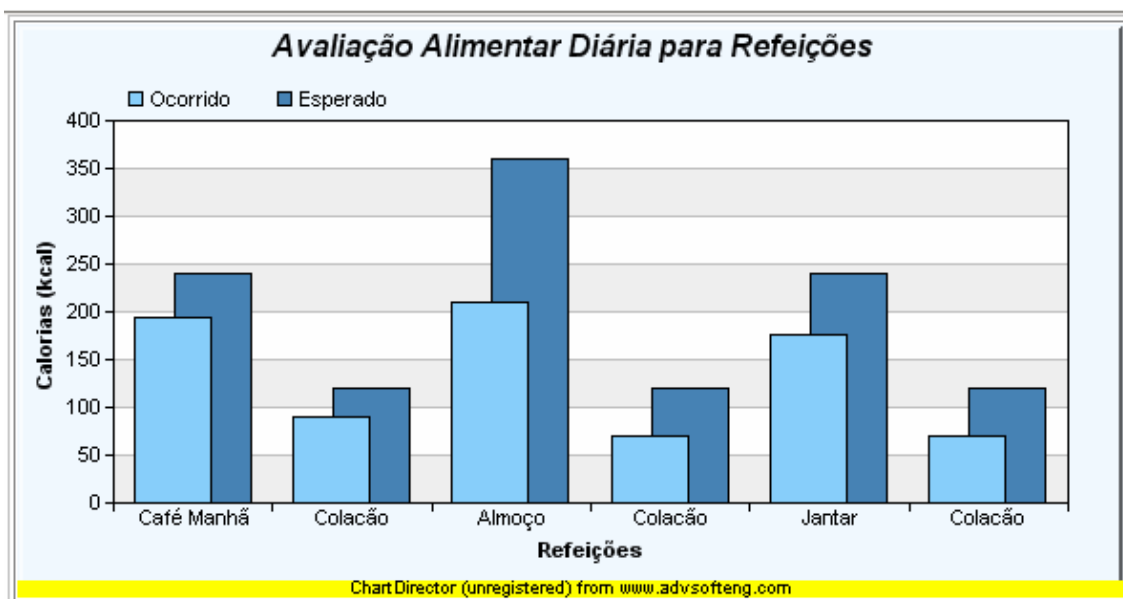


Figura 5.14: Gráfico comparativo das calorias ingeridas durante refeições em uma dieta alimentar

5.4. TESTES E RESULTADOS

Para a realização dos testes no sistema HORUS foram utilizados exemplos de cardápios para diferentes níveis calóricos disponibilizados pelo especialista da aplicação.

Ao final de cada teste foi possível observar que os resultados foram considerados satisfatórios em relação à avaliação alimentar quando comparados ao raciocínio do especialista.

No ANEXO III encontram-se dois exemplos de cardápios utilizados nos testes realizados, um exemplo de uma dieta alimentar adequada e outro de uma dieta alimentar inadequada, sendo estes apresentados neste trabalho.

Após a escolha dos alimentos no sistema HORUS de acordo com o cardápio apresentado, obteve-se os dados e os resultados da monitoração alimentar para os diferentes níveis calóricos, como pode ser visto a seguir.

5.4.1. Avaliação alimentar para 1200 kcal

Após a escolha dos alimentos presentes no cardápio para as diferentes refeições, conforme ANEXO III, iniciou-se a análise dos resultados para avaliar a qualidade da dieta alimentar.

5.4.1.1. Diagnóstico Alimentar por Macronutrientes para uma dieta alimentar de 1200 kcal.

Primeiramente verificou-se o total de calorias consumidas em relação aos macronutrientes. Após o processo de *fuzzificação* essas calorias passaram a ter graus de pertinência aos diferentes conjuntos *fuzzy*, conforme tabela 5.1.

Tabela 5.1: Graus de pertinência aos conjuntos *fuzzy* das entradas dos macronutrientes

Macronutrientes	Aumentar	Aceitável	Diminuir
Carboidrato	0.000	0.706	0.000
Proteína	0.000	1.000	0.000
Lipídio	1.000	0.000	0.000

Após a *fuzzificação* dos dados de entrada foram encontradas as regras que estavam habilitadas a disparar na base de conhecimento. Utilizando o método de inferência que utiliza a *t-norma* Interseção Padrão e a *t-conorma* Soma Limitada foi encontrado o menor grau de pertinência de cada regra e no final somaram-se esses graus para o conseqüente Correta, chegando a um grau de pertinência 0.706.

O resultado da inferência é comparado à régua de adequação alimentar, figura 5.15, para verificar o resultado final da avaliação alimentar e analisar as possíveis mudanças na dieta alimentar.

O resultado da monitoração alimentar diária para macronutrientes foi Adequado, sem necessidade de mudanças de hábitos alimentares, figura 5.16.

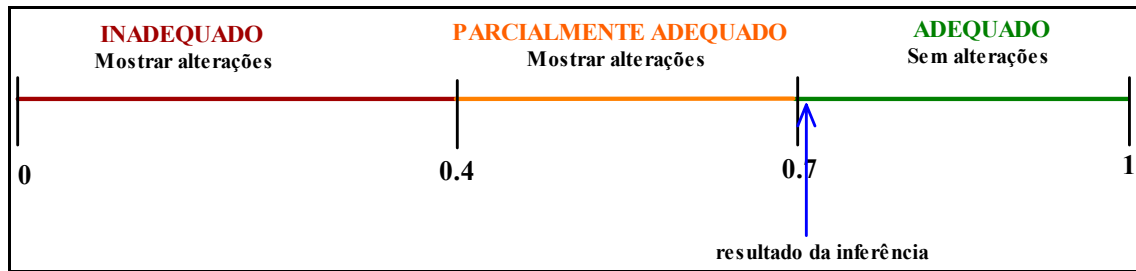


Figura 5.15: Comparação do resultado da inferência com a régua de adequação alimentar

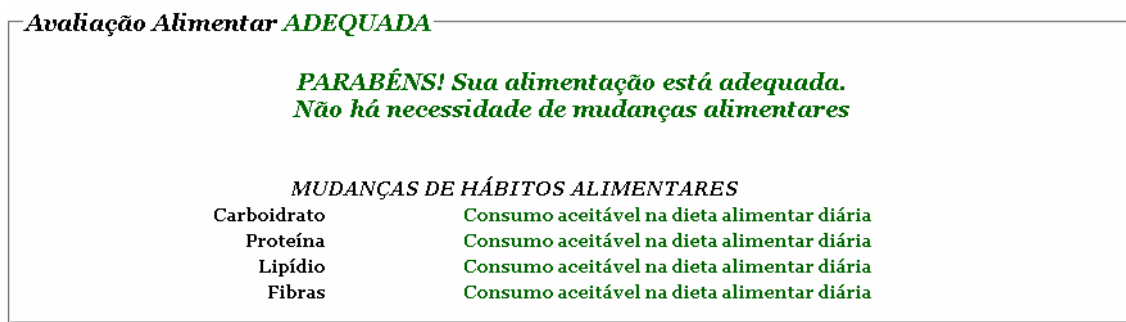


Figura 5.16: Resultado da avaliação alimentar para macronutrientes para uma dieta de 1200 kcal diárias

As figuras 5.17 e 5.18 representam a saída do sistema para o usuário indicando as calorias consumidas por macronutrientes durante a avaliação e um comparativo entre calorias ocorridas e esperadas para cada macronutriente na dieta alimentar ocorrida, respectivamente.

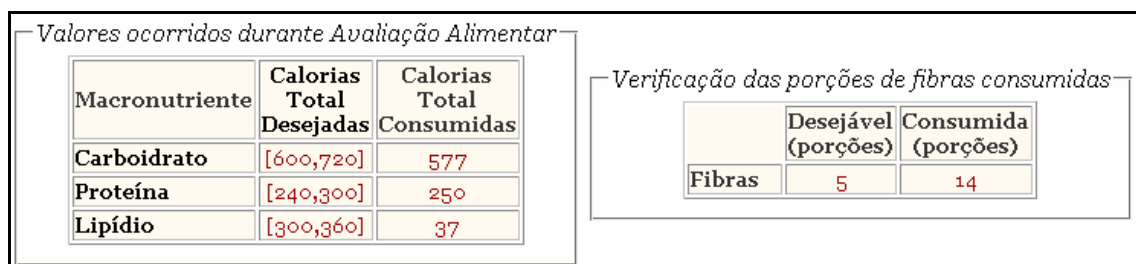


Figura 5.17: Calorias consumidas por macronutrientes para uma dieta alimentar de 1200 kcal

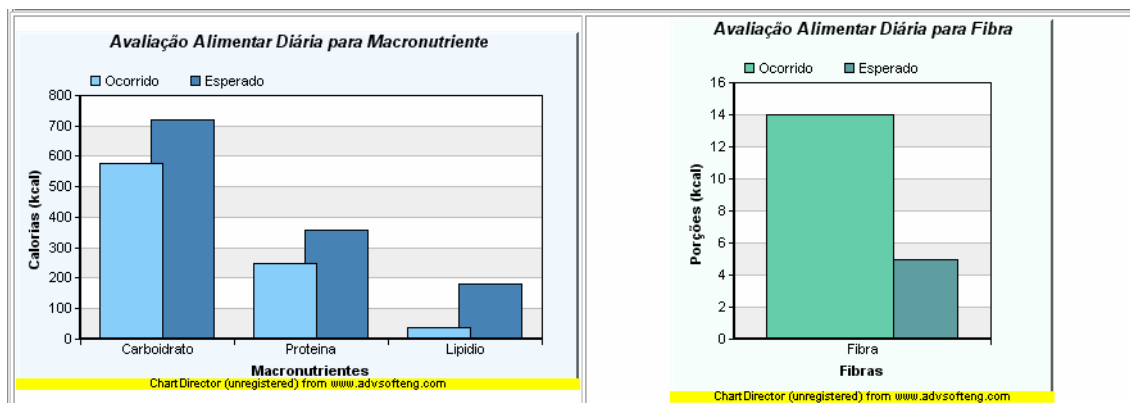


Figura 5.18: Gráfico comparativo da avaliação alimentar de macronutrientes e fibras para uma dieta diária de 1200 kcal

Importante observar que o total de calorias de lipídios nunca será adequado, como pode ser visto na figura 5.17. Isso ocorre porque não é considerada a gordura presente no preparo dos alimentos. Portanto, esse dado deve ser levado em consideração na análise final dos resultados mesmo existindo regras de produção que tratem desse caso.

5.4.1.2. Diagnóstico Alimentar por Refeição para uma dieta alimentar de 1200 kcal.

Verificou-se o total de calorias consumidas em relação as diferentes refeições e iniciou-se o processo de *fuzzificação* para obter os graus de pertinência aos diferentes conjuntos *fuzzy*, conforme tabela 5.2

Tabela 5.2: Graus de pertinência aos conjuntos *fuzzy* das entradas das refeições

Refeições	Aumentar	Aceitável	Diminuir
Café da Manhã	0.000	0.875	0.000
Colação/Lanche Manhã	0.000	0.944	0.000
Almoço	0.027	0.467	0.000
Colação/Lanche Tarde	0.000	0.944	0.000
Jantar	0.000	0.944	0.000
Colação/Lanche Noite	0.000	0.944	0.000

Fuzzificado os dados de entrada e encontradas as regras que estavam habilitadas a disparar na base de conhecimento, obteve-se por meio do processo de inferência o grau de pertinência de 0.467 para o conseqüente Correta.

O resultado da inferência comparado à régua de adequação alimentar, figura 5.19, resulta numa dieta alimentar parcialmente adequada, com necessidades de mudanças de hábitos alimentares.

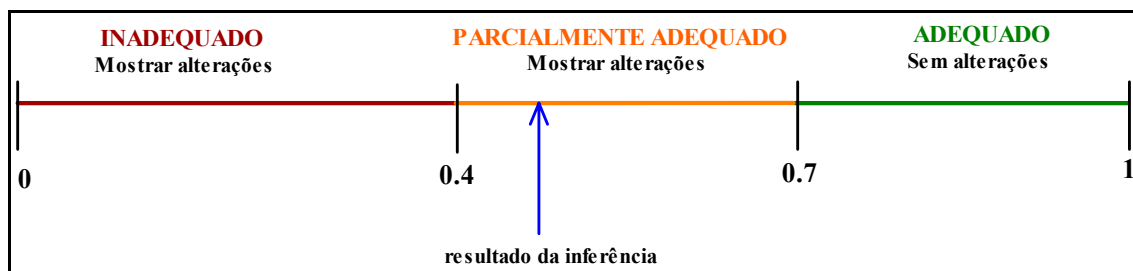


Figura 5.19: Comparação do resultado da inferência com a régua de adequação alimentar

As figuras 5.20, 5.21 e 5.22 representam a saída do sistema para o usuário indicando o resultado da avaliação alimentar com as mudanças de hábitos alimentares necessárias, as calorias consumidas por refeição durante a avaliação e um comparativo entre calorias ocorridas e esperadas para cada refeição na dieta alimentar ocorrida, respectivamente.

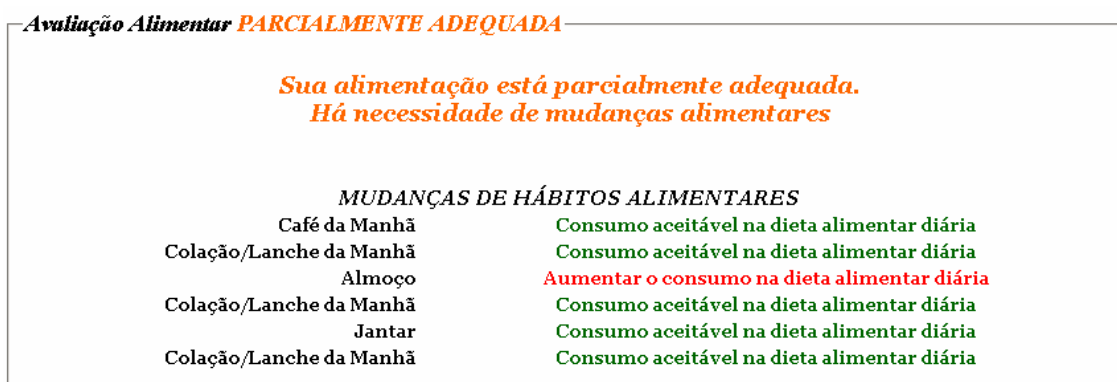


Figura 5.20: Resultado da avaliação alimentar por refeição para uma dieta de 1200 kcal

Valores ocorridos durante Avaliação Alimentar

Refeicao	Calorias Total Desejadas	Calorias Total Consumidas
Café da Manhã	[156,180]	195
Colação/Lanche Manhã	[72,84]	90
Almoço	[240,300]	209
Colação/Lanche Tarde	[72,84]	90
Jantar	[156,180]	190
Colação/Lanche Noite	[72,84]	90

Figura 5.21: Calorias consumidas por refeição para uma dieta alimentar de 1200 kcal

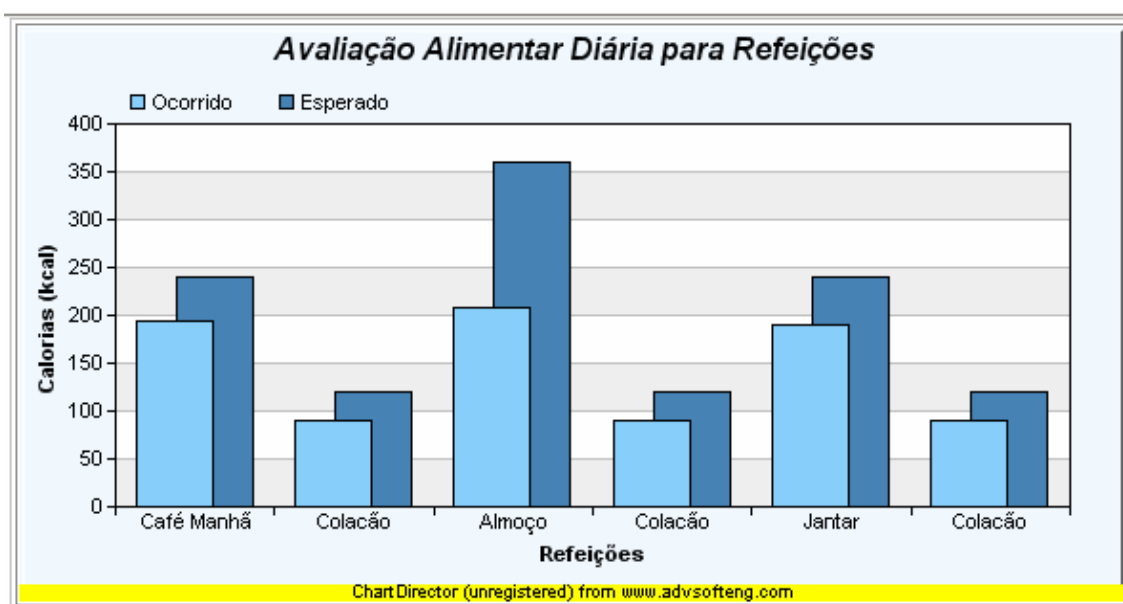


Figura 5.22: Gráfico comparativo da avaliação alimentar para refeições para uma dieta diária de 1200 kcal

5.4.1.3. Resultados das Avaliações do Diagnóstico Alimentar para uma dieta alimentar de 1200 kcal.

Após a realização do teste, verifica-se que as avaliações, para macronutrientes e refeições para o exemplo de cardápio para uma dieta diária de 1200 kcal, tiveram resultados diferentes.

Em relação aos macronutrientes obteve-se como resultado uma avaliação alimentar adequada, figura 5.16, mesmo com as calorias de carboidratos e lipídios não estando no intervalo considerado ótimo, conforme pode ver visto na figura 5.17. Já a má distribuição das calorias durante as refeições em relação aos níveis considerados ótimos (excessos no café da manhã, jantar e refeições e níveis calóricos abaixo do esperado no almoço), figura 5.21, afetou diretamente na avaliação em relação a refeições, que foi considerada parcialmente adequada, figura 5.20.

5.4.2. Simulação de uma avaliação alimentar para 2000 kcal

A escolha dos alimentos para as diferentes refeições baseou-se no cardápio indicado no ANEXO III.

5.4.2.1. Diagnóstico Alimentar por Macronutrientes para uma dieta alimentar de 2000 kcal

Primeiramente verificou-se o total de calorias consumidas em relação aos macronutrientes. Após o processo de *fuzzificação* essas calorias passaram a ter graus de pertinência aos diferentes conjuntos *fuzzy*, conforme tabela 5.3.

Tabela 5.3: Graus de pertinência aos conjuntos *fuzzy* das entradas dos macronutrientes para uma dieta diária de 2000 kcal

Macronutrientes	Aumentar	Aceitável	Diminuir
Carboidrato	1.000	0.000	0.000
Proteína	0.045	0.245	0.000
Lipídio	1.000	0.000	0.000

Após a *fuzzificação* dos dados de entrada foram encontradas as regras que estavam habilitadas a disparar na base de conhecimento. Utilizando o método de inferência foi encontrado o menor grau de pertinência de cada regras e no final somaram-se esses graus para o conseqüente Correta, chegando a um valor de 0.000.

O resultado da inferência é comparado à régua de adequação alimentar, figura 5.23, para verificar o resultado final da avaliação alimentar e analisar as possíveis modificações na dieta alimentar.

O resultado da monitoração alimentar diária para macronutrientes foi Inadequado, com necessidade de mudanças de hábitos alimentares, figura 5.24.

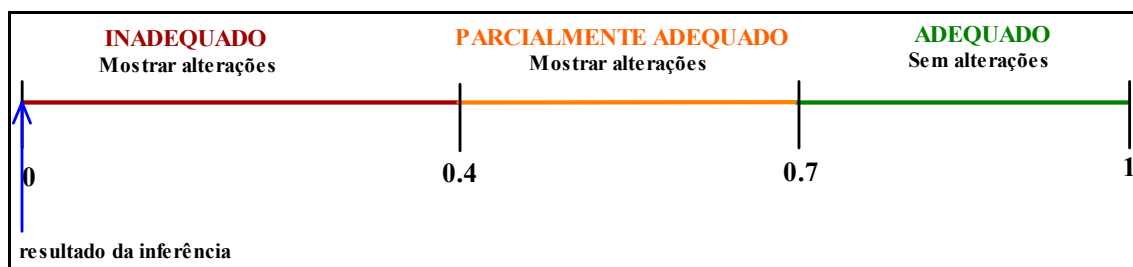


Figura 5.23: Comparação do resultado da inferência com a régua de adequação alimentar

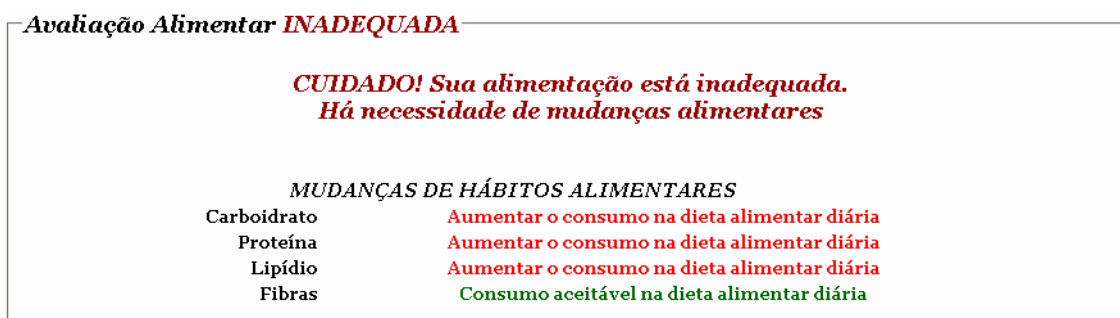


Figura 5.24: Resultado da avaliação alimentar para macronutrientes para uma dieta de 2000 kcal diárias

As figuras 5.25 e 5.26 representam a saída do sistema para o usuário indicando as calorias consumidas por macronutrientes durante a avaliação e um comparativo entre calorias ocorridas e esperadas para cada macronutriente na dieta alimentar ocorrida, respectivamente.

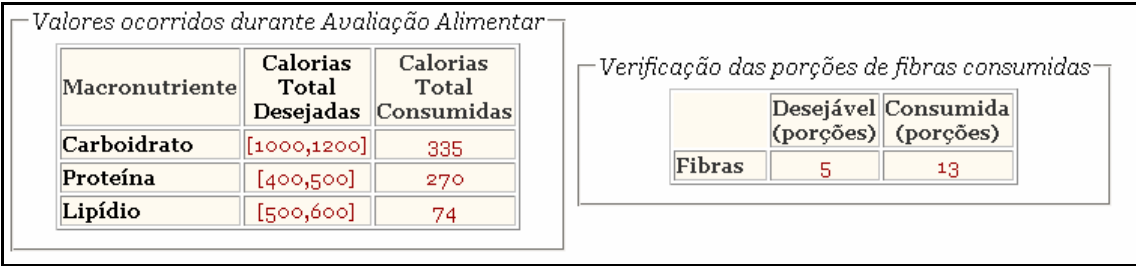


Figura 5.25: Calorias consumidas por macronutrientes para uma dieta alimentar de 2000 kcal

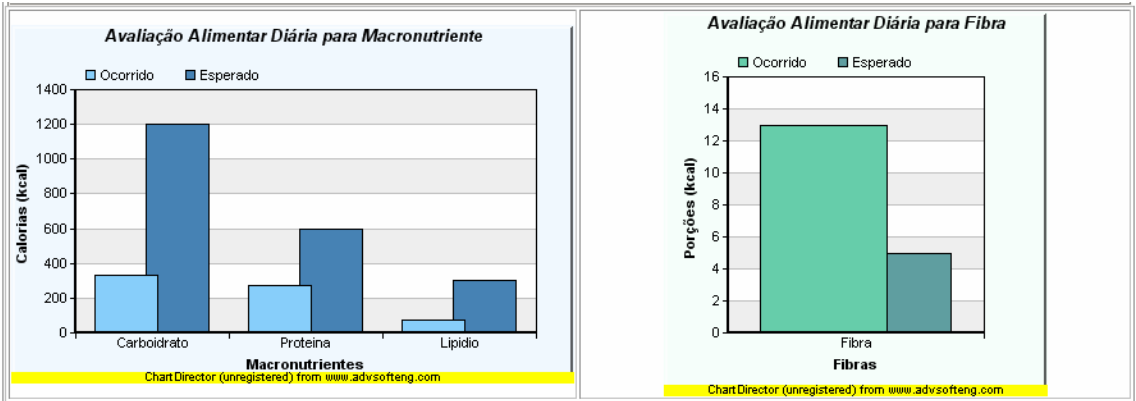


Figura 5.26: Gráfico comparativo da avaliação alimentar de macronutrientes e fibras para uma dieta diária de 2000 kcal

5.4.2.2. Diagnóstico Alimentar por Refeição para uma dieta alimentar de 2000 kcal.

Verificou-se o total de calorias consumidas em relação as diferentes refeições e iniciou-se o processo de *fuzzificação* para obter os graus de pertinência aos diferentes conjuntos *fuzzy*, conforme tabela 5.4.

Tabela 5.4: Graus de pertinência aos conjuntos *fuzzy* das entradas das refeições

Refeições	Aumentar	Aceitável	Diminuir
Café da Manhã	1.000	0.000	0.000
Colação/Lanche Manhã	1.000	0.000	0.000
Almoço	0.005	0.595	0.000
Colação/Lanche Tarde	1.000	0.000	0.000
Jantar	1.000	0.000	0.000
Colação/Lanche Noite	1.000	0.000	0.000

Fuzzificado os dados de entrada e encontradas as regras que estavam habilitadas a disparar na base de conhecimento, obteve-se por meio do processo de inferência um grau de pertinência de 0.000 para o conseqüente Correta.

O resultado da inferência comparado à régua de adequação alimentar, figura 5.27, resulta numa dieta alimentar inadequada, com necessidades de mudanças de hábitos alimentares.

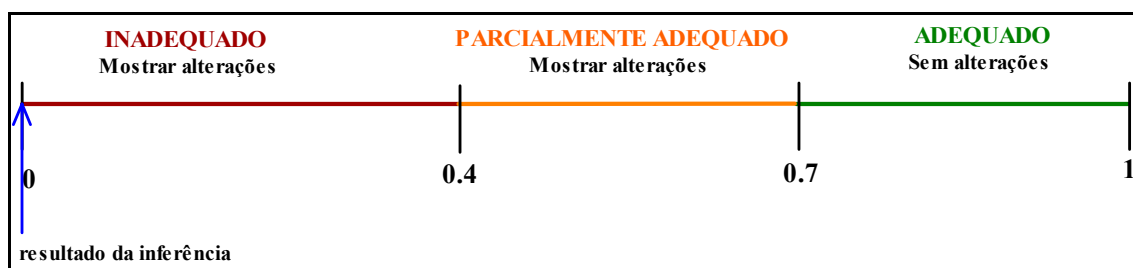


Figura 5.27: Comparação do resultado da inferência com a régua de adequação alimentar

As figuras 5.28, 5.29 e 5.30 representam a saída do sistema para o usuário indicando o resultado da avaliação alimentar com as mudanças de hábitos alimentares necessárias, as calorias consumidas por refeição durante a avaliação e um comparativo entre calorias ocorridas e esperadas para cada refeição na dieta alimentar ocorrida, respectivamente.

Avaliação Alimentar INADEQUADA

**CUIDADO! Sua alimentação está inadequada.
Há necessidade de mudanças alimentares**

MUDANÇAS DE HÁBITOS ALIMENTARES

Café da Manhã	Aumentar o consumo na dieta alimentar diária
Colação/Lanche da Manhã	Aumentar o consumo na dieta alimentar diária
Almoço	Consumo aceitável na dieta alimentar diária
Colação/Lanche da Manhã	Aumentar o consumo na dieta alimentar diária
Jantar	Aumentar o consumo na dieta alimentar diária
Colação/Lanche da Manhã	Aumentar o consumo na dieta alimentar diária

Figura 5.28: Resultado da avaliação alimentar por refeição para uma dieta de 2000 kcal

Valores ocorridos durante Avaliação Alimentar

Refeicao	Calorias Total Desejadas	Calorias Total Consumidas
Café da Manhã	[260,300]	155
Colação/Lanche Manhã	[120,140]	0
Almoço	[400,500]	355
Colação/Lanche Tarde	[120,140]	0
Jantar	[260,300]	169
Colação/Lanche Noite	[120,140]	0

Figura 5.29: Calorias consumidas por refeição para uma dieta alimentar de 2000 kcal

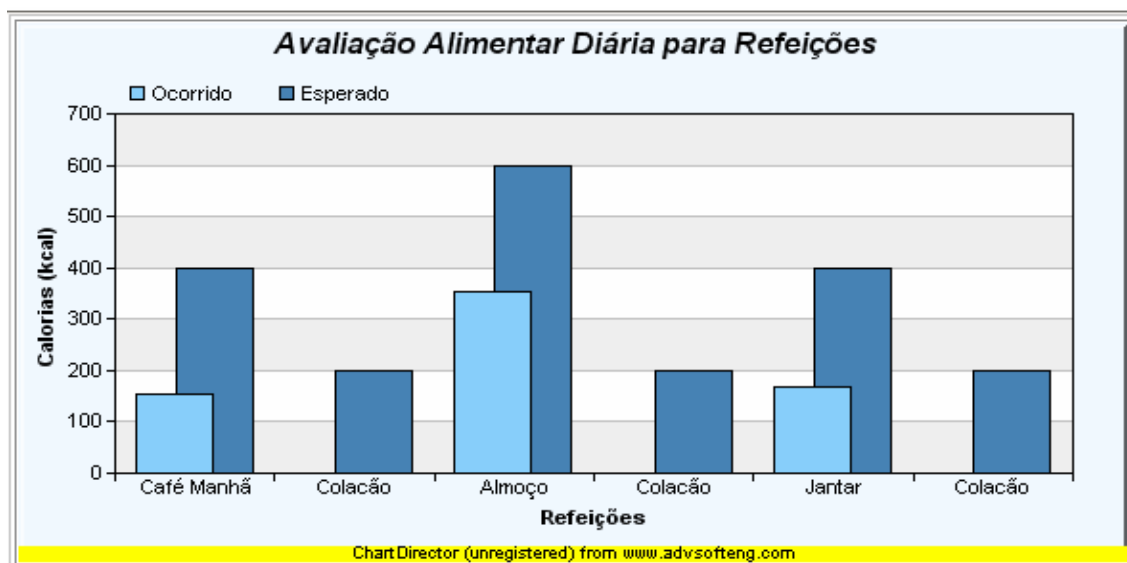


Figura 5.30: Gráfico comparativo da avaliação alimentar para refeições para uma dieta diária de 2000 kcal

5.4.2.3. Resultados das Avaliações do Diagnóstico Alimentar para uma dieta alimentar de 2000 kcal.

Após a realização do teste, verifica-se que as avaliações, para macronutrientes e refeições para o exemplo de cardápio para uma dieta diária de 2000 kcal, tiveram como resultados uma avaliação alimentar inadequada, figuras 5.24 e 5.28. Isto ocorre devido aos níveis calóricos que ficaram muito abaixo do esperado tanto para os macronutrientes, figura 5.25, quanto para as refeições, figura 5.29.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSÕES

Este trabalho buscou mostrar uma alternativa de tratamento e avaliação alimentar de indivíduos aliando-se a técnicas computacionais para alcançar o objetivo.

O sistema HORUS diferenciou-se da forma tradicional de avaliação alimentar permitindo aos seus usuários fazerem escolhas de acordo com o seu hábito alimentar para posteriormente avaliar a dieta alimentar escolhida, sendo que essa avaliação pode ocorrer para diferentes níveis calóricos. Ao final da avaliação o sistema ainda informa recomendações sobre mudanças de hábitos alimentares, quando estas forem necessárias, permitindo dessa forma uma educação alimentar.

Por ser um sistema para Web o HORUS constitui-se de uma aplicação denominada “*e-saúde*”, denominação utilizada recentemente em vários congressos sobre saúde.

A metodologia utilizada também apresentou resultados satisfatórios. Verificou-se o potencial do desenvolvimento de sistemas especialistas baseados em lógica fuzzy para modelar as incertezas por imprecisão presentes nesta aplicação e formalizar o conhecimento do especialista em uma base de regras de produção. Ainda possibilita a investigação de diferentes operações de operações para os conectivos “E” e “OU” nas regras de produção verificando o que melhor se adequa na aplicação. Por meio da utilização de sistemas especialistas baseados em lógica fuzzy é possível apresentar os resultados de saída do sistema de forma amigável utilizando-se de variáveis lingüísticas.

No decorrer do desenvolvimento da pesquisa algumas dificuldades foram encontradas. Um dos principais problemas encontrados foi a dificuldade na aquisição do conhecimento do especialista para a execução do sistema HORUS.

A partir dessa situação tornou-se difícil a modelagem dos conjuntos *fuzzy*, pois o especialista trabalha com conceito de conjuntos clássicos e ainda a formalização do conhecimento do especialista em regras.

Outro grande problema refere-se à construção de uma interface de sistema amigável. Buscou-se uma alternativa que permitisse aos usuários uma prontidão no trabalho com o sistema e que garantisse uma facilidade na análise dos resultados oferecidos por ele.

Uma das primeiras constatações em relação a avaliação do sistema HORUS é que quanto maior a aproximação do total calórico escolhido para o total previsto, o resultado da avaliação global leva a um maior grau de pertinência à adequação da dieta alimentar.

Pode-se verificar que em todos os teste realizados com os diferentes cardápios nenhum atingiu o total calórico a que se propunha. Mesmo assim, o sistema HORUS apresentou uma saída satisfatória em relação aos dados de entrada.

Outra característica relevante é que o HORUS constitui-se de um sistema de auxílio a médicos, nutricionistas e profissionais de uma equipe nutricional, ajudando na avaliação da alimentação diária dos indivíduos.

Portanto, de uma maneira geral, o sistema HORUS monitora adequadamente a dieta alimentar diária tanto para os macronutrientes selecionados quanto para o número de refeições, conforme os testes realizados. Desta forma, o sistema corresponde satisfatoriamente a que se propôs, monitorar a alimentação diária de um indivíduo para uma dieta alimentar adequada.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

Como etapa subsequente a este trabalho seria desejável aumentar a base de regras para a avaliação alimentar por refeição, uma vez que esta base não está completa.

Outro ponto importante seria a construção de uma interface para permitisse a inclusão de alimentos identificados em diferentes culturas para a seleção da dieta alimentar.

Poderia ainda ser realizada a integração entre o sistema HORUS e um sistema de diagnóstico do estado nutricional do indivíduo para que a partir da avaliação do risco nutricional do indivíduo ocorresse o acompanhamento de sua alimentação, avaliando essa dieta em relação as restrições oriundas de seu risco nutricional.

REFERÊNCIAS

- [BIT 01] BITTENCOURT, Guilherme. **Inteligência Artificial: ferramentas e teorias**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.
- [BLO 90] BLOIS, M.; SHORTLIFFE, E. **The computer meets medicine: emergence of a discipline**. In: SHORTLIFFE, E.; PERREAULT, L. *Medical Informations: Computer applications in medical care*. Massachusetts: Addison – Wesley, 1990, p. 1-36.
- [BOO 03] BOOG, Maria Cristina Faber, et al. **Utilização de vídeo como estratégia de educação nutricional para adolescentes: comer... o fruto ou o produto?**. *Rev. Nutr.*, jul/set. 2003, vol.16, no.3, p.281-293. ISSN 1415-5273.
- [BRO 01] BROWN, Ross, et al. **A Fuzzy Logic Model of Visual Importance for Efficient Image Syntesis**. IEEE, 2001
- [BRU 89] BRULÉ, James F., BLOUNT, Alexander. **Knowledge Acquisition**. McGraw-Hill, 1989.
- [CAM 99] CAMARGO, Katia Gavranich. **Inteligência Artificial aplicada à nutrição na prescrição de planos alimentares**. Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. Dissertação de Mestrado.
- [CAR 01] CARVALHO, Cecilia Maria Resende Gonçalves de, et al. **Consumo alimentar de adolescentes matriculados em um colégio particular de Teresina, Piauí, Brasil**. *Rev. Nutr.*, mai/ago. 2001, vol.14, no.2, p.85-93. ISSN 1415-5273.
- [COE 98] COEIRA, Enrico W. **Inteligência Artificial na Medicina**. *Revista Informática Médica*, São Paulo, v.1, n.4, jul/ago. 1998.
- [COS 99] COSTA, Paulo Afonso Bracarense. **Um enfoque segundo a teoria de conjuntos difusos para a meta-análise**. Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. Tese de Doutorado.

-
- [COX 94] COX, E., **The Fuzzy Systems Handbook: a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems**. Academic Press, Inc, Cambridge, USA, 1994.
- [CYC 05] CYCLOPS. The Cyclops Project.
<http://cyclops.telemedicina.ufsc.br/html/home.html> (Acesso em setembro de 2005)
- [DOM 03] DOMPER, Alejandra, ZACARIAS H., Isabel, OLIVARES C., Sonia et al. **Evaluación de un programa de información en nutrición al consumidor**. Rev. chil. nutr., abr. 2003, vol.30, no.1, p.43-51. ISSN 0717-7518
- [DUT 98] DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E., MARCHINI, J. Sergio. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998.
- [FAL 02] FALCÃO, Djalma M. **Conjuntos, Lógica e Sistemas Fuzzy**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – RJ, 2002. Notas de Aula: Disciplina: Técnicas Inteligentes Aplicadas a Sistemas de Potência.
- [FER 96] FERNANDES, Anita Maria da Rocha. **Sistema especialista difuso aplicado ao processo de análise química qualitativa de amostras minerais**. Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. Dissertação de Mestrado.
- [FIR 88] FIREBAUGH, M. **Artificial Intelligence – A Knowledge Approach**. USA: Pws-Kent Publishing Company, 1988.
- [FIS 04] FISBERG, Mauro. **Atualização em obesidade na infância e adolescência**. São Paulo: Editora Atheneu, 2004.
- [GPE 04] GPEB. **Laboratório de Informática Médica – LIM**
<http://server.gpeb.ufsc.br/lim/> (Acesso em agosto de 2004)
- [GES 03] GESZYCHTER, Michel Barnad. **Modelagem Multiagente Escalável para a Integração de Sistemas Especialistas**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Dissertação de Mestrado.

-
- [GRE 88] GREENWELL, M. **Knowledge for Expert System**. Ellis Horwood Limited. England: 1988.
- [GRU 89] GRUBER, Thomas R. **The acquisition of strategic knowledge**. Academic Press, 1989.
- [HOG 98] HOGART, Michael. **Informática Médica: Um Pouco de História**. Revista Informática Médica, São Paulo, v.1, n.5, set/out. 1998.
- [HOR 98] HORN, W.; POPOW, C.; MIKSCH, S.; SEYFANG, A. **Quicker, more accurate nutrition plans for newborn infants**. IEEE Intelligent Systems, January/February, 1998.
- [IBR 04] IBRAHIM, Ahmad M. **Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications**. Elsevier, 2004.
- [JAM 93] JAMSHIDI, M., **Fuzzy Logic and Control: Software and Hardware Applications**, Prentice Hall Series on Enviromental and Intelligent Manufacturing Systems, v.1, 1993.
- [KAS 98] KASABOV, Nikola K. **Foundations of neural networks, fuzzy systems, and knowledge engineering**. Cambridge, Mass, MIT Press, 1998.
- [KID 87] KIDD, Alison. **Knowledge Acquisition for Expert System – A Pratical Handbook**. Plenun Press, 1987.
- [KLI 88] KLIR, G. J., FOLGER, T.A. **Fuzzy Sets, Uncertainty and Information**. Prentice Hall, 1988.
- [KLI 95] KLIR, G. J. YUAN, B. **Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications**. Prentice Hall, 1995.
- [KOV 95] Kovacic KJ. **Using common-sense knowledge for computer menu planning** [dissertation]. Cleveland, Ohio: Case Western Reserve University; 1995.
- [LEE 90a] LEE, C. C. **Fuzzy Logic in control systems: fuzzy logic controller**. Part I, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. vol. 20, no. 2. March/April 1990. pp. 404-418.

-
- [LEE 90b] LEE, C. C. **Fuzzy Logic in control systems: fuzzy logic controller.** Part II, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. vol. 20, no. 2. March/April 1990. pp. 419-435.
- [LIA 05] LIAO, Shu-Hsien. **Expert system methodologies and applications – a decade review from 1995 to 2004.** Expert System with Application, Volume 28, Issue 1, Pages 93-103, Jan 2005.
- [LIM 00] LIMA, Roberto Teixeira, et al. **Educação em saúde e nutrição em João Pessoa, Paraíba.** Rev. Nutr., jan/abr 2000, vol.13, no.1, p.29-36. ISSN 1415-5273
- [MAR 79] MARCONDES, R. S. **Educação em Saúde Pública: conceitualização, objetivos e princípios.** São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da USP. Disciplina Educação em Saúde Pública, 1979.
- [MAR 96] Marling CR. **Integrating case-based and rule-based reasoning in knowledge-based systems development** [dissertation]. Cleveland, Ohio: Case Western Reserve University; 1996.
- [MAT 01] MATLAB – **The language of Technical Computing**, Versão 6.1: The MathWorks, 2001.
- [MCG 89] MCGRAW, K. L. **Knowledge Acquisition: Principles and Guideliness.** Prentice-Hall, 1989.
- [MEN 93] MENDEL, J. M. **Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial.** Proceedings for IEEE, vol. 83, no. 3, March 1993, pp. 345-377.
- [MES 02] MESQUITA, Leonardo. **Arquiteturas Programáveis de uma Máquina de Inferência para uso em Microprocessadores *Fuzzy* em Tecnologia CMOS.** Universidade Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 2002. Tese de Doutorado.
- [MOT 91] MOTTA, Denise Giacomo da; BOOG, Maria Cristina Faber. **Educação Nutricional.** 3.ed. rev. e ampl. São Paulo: IBRASA, 1991.

-
- [NET 02] NETO, Eugênio Rovaris. **E-BAYES – Sistema especialista da evasão discente de cursos de graduação no Ensino Superior**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Dissertação de Mestrado.
- [NOA 04] NOAH, Shahrul A. **DielPal: a Web-based dietary menu-generating and management system**. J Med Internet Res. 2004 Jan 30;6(1):e4.
- [OLI 03] OLIVARES, Sonia, et al. **Publicidad de alimentos y conductas alimentarias en escolares de 5° a 8° básico**. Rev. chil. nutr., abr. 2003, vol.30, no.1, p.36-42. ISSN 0717-7518
- [ORT 01] ORTEGA, Neli Regina Siqueira. **Aplicação da Teoria dos Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina**. Universidade de São Paulo, 2001. Tese de Doutorado.
- [OSO 02] OSORIO E., Jessica, et al. **Desarrollo de la conducta alimentaria en la infancia y sus alteraciones**. Rev. chil. nutr., dez. 2002, vol.29, no.3, p.280-285. ISSN 0717-7518
- [PAR 88] PARSAYE, K., CHIGNELL, M. **Expert System for Experts**. USA: John Wiley & Sons, 1988
- [PET 98] PETOT, G J, MARLING, C, STERLING, L. **An Artificial Intelligence System for Computer-Assisted Menu Planning**. Journal of the American Dietetic Association - September 1998 (Vol. 98, Issue 9, Pages 1009-1014)
- [PHI 03] PHILIPPI, Sonia Tucunduva, et al. **Pirâmide alimentar para crianças de 2 a 3 anos**. Rev. Nutr., Campinas, 16(1):5-19, jan./mar., 2003.
- [RAB 95] RABUSKE, R. A. **Inteligência Artificial**. Florianópolis: UFSC, 1995
- [RAM 00] RAMALHO, Rejane Andréa, SAUNDERS, Cláudia **O papel da educação nutricional no combate às carências nutricionais**. Rev. Nutr., abr. 2000, vol.13, no.1, p.11-16. ISSN 1415-5273
- [REI 01] REIS, Lisiane Albuquerque. **SANEP – Sistema Especialista Probabilístico de Apoio a Nutrição Enteral Pediátrica**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. Dissertação de Mestrado.

-
- [RIB 02] RIBEIRO, Adriana Bouças, CARDOSO, Marly Augusto. **Construção de um questionário de frequência alimentar como subsídio para programas de prevenção de doenças crônicas não transmissíveis.** Rev. Nutr, mai/ago. 2002, vol.15, no.2, p.239-245. ISSN 1415-5273.
- [SAB 98a] SABBATINI, Renato M. E. **A Inteligência Invisível.** Revista Informática Médica, São Paulo, v.1, n.5, set/out. 1998.
- [SAB 98b] SABBATINI, Renato M. E. **História da Informática em Saúde no Brasil.** Revista Informática Médica, São Paulo, v.1, n.5, set/out. 1998.
- [SAB 98c] SABBATINI, Renato M. E. **Internet em Medicina: Os Recursos.** Revista Informática Médica, São Paulo, v.1, n.1, jan/fev. 1998.
- [SIG 97] SIGULEM, Daniel. **Um Novo Paradigma de Aprendizado na Prática Médica da UNIFESP/EPM.** Universidade Federal de São Paulo, 1997. Tese de Livre-Docência
- [SIL 04] SILVEIRA, Enio Rôvere. **Monitoração e Análise de Tráfego de rede sob o Paradigma da Lógica Difusa.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. Dissertação de Mestrado.
- [SYM 85] SYMPOSIUM ON MEDICAL INFORMATICS, 1985, Washington, DC. **Medical education in the information age**, 1985. Washington, DC.: Association of American Medical Colleges, 1986 apud SABBATINI, R.M.E. O diagnóstico médico por computador. Revista Informédica, v.1, n.1, p.5-10, 1993.
- [TER 02] TERRA, Tiago. **Aplicação de lógica fuzzy no controle de trânsito urbano.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Dissertação de Mestrado.
- [THE 01] THÉ, Maria Alice Lagos. **Raciocínio baseado em casos: uma abordagem fuzzy para diagnóstico nutricional.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. Tese de Doutorado.
- [TIB 05] TIBIRIÇÁ, Carlos Augusto Gonçalves. **Uma abordagem híbrida fuzzy-bayesiana para modelagem de incertezas.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Dissertação de Mestrado.

-
- [TIR 02] TIRAPEGUI, Julio. **Nutrição: fundamentos e aspectos atuais**. São Paulo: Editora Atheneu, 2002.
- [USD 04] USDA. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. **Pirâmide Alimentar**. <http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome> (acesso em junho de 2004).
- [WHE 80] WHEELER, M. L., WHEELER, L. A. **Computer-planned menus for patients with diabetes mellitus**. Diabetes Care, 1980 Vol 3, Issue 6 663-667.
- [WID 98] WIDMAN, Lawrence E. **Sistemas Especialistas em Medicina**. Revista Informática Médica, v.1, n.5, set/out. 1998.
- [ZAD 65] ZADEH, Lotfi A. **Fuzzy Sets**. Information and Control. VI. 8, 1965.
- [ZAD 88] ZADEH, Lotfi A. **Fuzzy Logic**. University of California, Berkeley, 1988.
- [ZAD 92] ZADEH, Lotfi A. **Fuzzy Logic and the Calculus of Fuzzy If-Then Rules**. IEEE, 1992
- [ZIM 92] ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy Sets Theory and Its Applications**, Klewer – Nighoff, Boston, USA, 1992.

ANEXO I

Temas abordados durante consulta nutricional para tratamento de crianças e adolescentes obesos no Centro de Pesquisa Aplicadas à Saúde (CEPAS), da Universidade de São Marcos –São Paulo - Brasil

- O que é obesidade e suas causas;
- Balanço energético (ingestão e gasto de energia);
- Comportamento alimentar durante as refeições (mastigação, líquidos com refeição, atividades durante a refeição, percepção da quantidade de alimentos na refeição);
- O que é e quais as fontes dos carboidratos, gorduras e proteínas;
- Pirâmide dos alimentos e o equilíbrio da alimentação;
- Conhecendo as calorias dos alimentos;
- Trabalhando com as substituições;
- Como interpretar os rótulos das embalagens;
- Elaborando uma dieta alimentar saudável e equilibrada;

Outros temas:

- Alimentos que engordam e alimentos que não engordam;
- Por que comemos demais?
- Diferenciar fome de vontade de comer;
- Como obter a saciedade;
- Como se comportar em festas, finais de semana e feriados;
- Como se comportar quando se está fora de casa;
- O que fazer quando se está infeliz, ansioso, cansado ou eufórico;
- Descobrindo as situações de risco no controle alimentar;
- O que fazer quando a compulsão é eminente;
- Como vou fazer sozinho?

ANEXO II

GRUPO DO ARROZ / PÃO / MASSA / BATATA / MANDIOCA. VALORES EXPRESSOS EM GRAMAS E MEDIDAS CASEIRAS.		
1 Porção = 75 kcal.		
Alimentos	Peso (g)	Medida Caseira
Aipim cozido / Macaxeira / Mandioca	48,0	1 ½ colher de sopa
Amido de milho – maisena	20,0	1 colher de sopa
Arroz branco cozido	62,0	2 colheres de sopa
Arroz integral cozido	70,0	2 colheres de sopa
Aveia (em flocos)	18,0	1 ½ colher de sopa
Batata cozida	88,0	1 unidade
Batata doce cozida	75,0	1 colher de servir
Biscoito de leite	16,0	3 unidades
Biscoito recheado chocolate / doce de leite / morango	17,0	1 unidade
Biscoito tipo <i>cream cracker</i>	16,0	3 unidades
Biscoito tipo "maisena"	20,0	4 unidades
Biscoito tipo "maria"	17,0	4 unidades
Biscoito tipo <i>wafer</i> chocolate / morango / baunilha	15,0	1 unidade
Bolo de chocolate	15,0	½ fatia
Cará amassado / inhame	63,0	2 colheres de sopa
Cereal matinal	21,0	½ xícara de chá
Creme de arroz	23,0	1 ½ colher de sopa
Farinha de mandioca torrada	24,0	1 ½ colher de sopa
Farinha láctea	19,0	2 ½ colheres de sopa
Fubá	22,0	1 colher de sopa
Macarrão cozido	53,0	2 colheres de sopa
Mandioquinha cozida / Batata Baroa / Salsa	70,0	½ escumadeira
Pão de fôrma tradicional	21,0	1 fatia
Pão de queijo	20,0	½ unidade
Pão francês	25,0	½ unidade
Pão tipo "bisnaguinha"	40,0	2 unidades
Pipoca com sal	11,0	1 xícara de chá
Polenta sem molho / Angu	100,0	1 fatia
Purê de batata	67,0	1 colher de servir
Torrada de pão francês	16,0	3 fatias

GRUPO DAS VERDURAS E LEGUMES. VALORES EXPRESSOS EM GRAMAS E MEDIDAS CASEIRAS.		
1 Porção = 8 kcal.		
Alimentos	Peso (g)	Medida Caseira
Abóbora cozida / Jerimum	26,0	1 colher de sobremesa
Abobrinha cozida	40,0	1 ½ colher de sopa
Acelga cozida	51,0	1 ½ colher de sopa
Alface	64,0	8 folhas
Almeirão	36,0	3 folhas
Berinjela cozida	30,0	1 colher de sopa
Beterraba cozida	15,0	½ colher de servir
Beterraba crua ralada	21,0	1 colher de sopa
Brócolis cozido	27,0	2 colheres de sopa
Cenoura cozida (fatias)	20,0	4 fatias
Cenoura crua (picada)	20,0	1 colher de sopa
Chuchu cozido	28,0	1 ½ colher de sopa
Couve-flor cozida	34,0	1 ½ ramo
Couve manteiga cozida	21,0	1 colher de sopa
Ervilha fresca	10,0	¾ colher de sopa
Ervilha torta / Vagem	5,0	1 unidade
Escarola	45,0	8 folhas
Espinafre cozido	30,0	1 colher de sopa
Jiló cozido	20,0	1 colher de sopa
Mostarda	30,0	3 folhas
Pepino japonês	65,0	½ unidade
Pepino picado	58,0	2 ½ colheres de sopa
Pimentão cru fatiado (vermelho, verde)	35,0	4 fatias
Quiabo cozido	26,0	1 colher de sopa
Rabanete	51,0	2 unidades
Repolho branco/roxo cru (picado)	36,0	3 colheres de sopa
Repolho cozido	28,0	2 ½ colheres de sopa
Tomate caqui	38,0	1 ½ fatia
Tomate comum	40,0	2 fatias
Vagem cozida	22,0	1 colher de sopa

GRUPO DAS FRUTAS. VALORES EXPRESSOS EM GRAMAS E MEDIDAS CASEIRAS.		
1 Porção = 35 kcal.		
Alimentos	Peso (g)	Medida Caseira
Abacate	24,0	¾ colher de sopa
Abacaxi	65,0	½ fatia
Acerola	128,0	1 xícara de chá
Ameixa preta	15,0	1 ½ unidade
Ameixa vermelha	70,0	2 unidades
Banana nanica	43,0	½ unidade
Caju	40,0	1 ½ unidade
Caqui	50,0	½ unidade
Carambola	110,0	1 unidade
Fruta do conde / Ata / Pinha	35,0	¼ unidade
Goiaba	50,0	¼ unidade
Jabuticaba	68,0	17 unidades
Jaca	66,0	2 bagos
Kiwi	60,0	¾ unidade
Laranja Bahia / Seleta	80,0	4 gomos
Laranja Pêra / Lima espremida para chupar	75,0	1 unidade
Limão	126,0	2 unidades
Maçã	60,0	½ unidade
Mamão formosa	110,0	1 fatia
Mamão papaia	93,0	α unidade
Manga	55,0	½ unidade
Melancia	115,0	1 fatia
Melão	108,0	1 fatia
Morango	115,0	9 unidades
Pêra	66,0	½ unidade
Pêssego	85,0	¾ unidade
Suco de abacaxi	80,0	½ copo de requeijão
Suco de laranja	85,0	½ copo de requeijão
Suco de melão	85,0	½ copo de requeijão
Tamarindo	12,0	6 unidades
Tangerina / Mexerica / Mimoso / Bergamota	84,0	6 gomos
Uva comum	50,0	11 bagos
Uva Itália	50,0	4 bagos

GRUPO DOS FEIJÕES. VALORES EXPRESSOS EM GRAMAS E MEDIDAS CASEIRAS.		
1 Porção = 20 kcal.		
Alimentos	Peso (g)	Medida Caseira
Ervilha seca cozida	24,0	1 colher de sopa
Feijão branco cozido	16,0	½ colher de sopa
Feijão cozido (50% grão / 50% caldo)	26,0	1 colher de sopa
Feijão cozido (só grãos)	16,0	¾ colher de sopa
Grão de bico cozido	12,0	½ colher de sopa
Lentilha cozida	16,0	¾ colher de sopa
Soja cozida	18,0	¾ colher de sopa

GRUPO DO LEITE, QUEIJO E IOGURTES. VALORES EXPRESSOS EM GRAMAS E MEDIDAS CASEIRAS.		
1 Porção = 120 kcal.		
Alimentos	Peso (g)	Medida Caseira
Bebida láctea	150,0	1 pote
Iogurte de frutas	140,0	1 pote
Iogurte polpa de frutas	120,0	1 pote
Iogurte polpa de frutas com geléia	130,0	1 pote
Leite em pó integral	30,0	2 colheres de sopa
Leite esterilizado (Longa Vida)	182,0	1 xícara de chá
Leite fermentado	160,0	2 potes
Leite tipo B	182,0	1 xícara de chá
Leite tipo C	182,0	1 xícara de chá
Queijinho pasteurizado fundido	35,0	2 unidades
Queijo <i>petit suisse</i>	90,0	2 potes
Queijo minas	50,0	1 ½ fatia
Queijo mussarela	45,0	3 fatias
Queijo parmesão	30,0	3 colheres de sopa
Queijo pasteurizado	40,0	2 fatias
Queijo prato	40,0	2 fatias
Queijo provolone	35,0	1 fatia
Requeijão cremoso	45,0	1 ½ colher de sopa
Sobremesa láctea tipo "pudim de leite"	90,0	1 pote
Vitamina de leite com frutas	171,0	1 copo de requeijão

GRUPO DE CARNE BOVINA, SUÍNA, PEIXES, FRANGO E OVOS. VALORES EXPRESSOS EM GRAMAS E MEDIDAS CASEIRAS.		
1 Porção = 65 kcal.		
Alimentos	Peso (g)	Medida Caseira
Bife enrolado	36,0	α unidade
Bife bovino grelhado	21,0	α unidade
Bife de fígado bovino	34,0	¼ unidade
Carne bovina assada / cozida	26,0	α fatia
Carne bovina moída refogada	30,0	2 colheres de sopa
Coração de frango	40,0	2 unidades
Espetinho de carne	31,0	¾ unidade
Fígado de frango	45,0	3 unidades
Filé de frango à milanesa	26,0	α unidade
Filé de frango grelhado	33,0	α unidade
Frango assado inteiro	33,0	α peito ou α coxa ou α sobrecoxa
Hambúrguer	45,0	½ unidade
Lombo de porco assado	26,0	α fatia
Manjuba frita	35,0	3 unidades
Merluza / Pescada cozida	66,0	1 filé
Moela	27,0	1 unidade
Nugget de frango	24,0	1 ½ unidade
Omelete simples	25,0	α unidade
Ovo cozido	50,0	1 unidade
Ovo frito	25,0	½ unidade
Presunto	40,0	2 fatias
Sardinha frita	51,0	½ unidade
Sobrecoxa de frango cozida com molho	37,0	¼ unidade

GRUPO DOS ÓLEOS E GORDURAS. VALORES EXPRESSOS EM GRAMAS E MEDIDAS CASEIRAS.		
1 Porção = 37 kcal.		
Alimentos	Peso (g)	Medida Caseira
Azeite de oliva	4,0	2 colheres de chá
Creme vegetal	7,0	1 colher de chá
Manteiga	5,0	1 colher de chá
Margarina vegetal	5,0	1 colher de chá
Óleo misto (soja e oliva)	4,0	2 colheres de chá
Óleo vegetal	4,0	2 colheres de chá

GRUPO DOS AÇÚCARES E DOCES. VALORES EXPRESSOS EM GRAMAS E MEDIDAS CASEIRAS.		
1 Porção = 55 kcal.		
Alimentos	Peso (g)	Medida Caseira
Achocolatado em pó	17,0	1 colher de sopa
Açúcar cristal	15,0	3 colheres de chá
Açúcar mascavo	14,0	1 colher de sopa
Açúcar refinado	14,0	1 colher de sobremesa
Doce de leite cremoso	20,0	1 colher de sopa
Geléia	23,0	1 ½ colher de sobremesa
Glucose de milho	20,0	1 colher de sopa
Goiabada	23,0	¼ fatia

ANEXO III**Exemplo de cardápio para 1200 kcal**

Refeição	Exemplo de cardápio
Desjejum (Café da Manhã)	Cereal matinal com leite
Colação (Lanche da Manhã)	1 suco de fruta adoçado com açúcar
Almoço	2 colheres de alface + 2 colheres de cenoura + 1 colher de arroz + 1 pedaço de frango grelhado + 1 maçã
Colação (Lanche da Tarde)	Bolachas água e sal
Jantar	2 colheres da alface + 2 colheres de cenoura + 1 colher de beterraba temperado com azeite de oliva + 1 posta de peixe + 1 batata + 1 fatia de melão
Colação (Ceia)	2 frutas

Exemplo de cardápio para 2000 kcal

Refeição	Exemplo de cardápio
Desjejum (Café da Manhã)	1 batida de banana
Colação (Lanche da Manhã)	
Almoço	2 colheres de alface com cenoura + 1 colher de beterraba + 1 colher de brócolis temperado com azeite de oliva + 2 colheres de arroz + 1 concha de feijão + 1 filé de frango grelhado + 1 cacho pequeno de uva
Colação (Lanche da Tarde)	
Jantar	2 colheres da alface + 2 colheres de cenoura temperado com azeite de oliva + 1 posta de peixe + 1 suco de frutas
Colação (Ceia)	

APÊNDICE I

Base de Regras para Diagnóstico Diário por Macronutrientes

Regra 0 : SE aumentarCarboidratos E aumentarProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 1 : SE aumentarCarboidratos E aceitavelProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 2 : SE aumentarCarboidratos E diminuirProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 3 : SE aumentarCarboidratos E aumentarProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 4 : SE aumentarCarboidratos E aceitavelProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Correta

Regra 5 : SE aumentarCarboidratos E diminuirProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 6 : SE aumentarCarboidratos E aumentarProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 7 : SE aumentarCarboidratos E aceitavelProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 8 : SE aumentarCarboidratos E diminuirProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 9 : SE aceitavelCarboidratos E aumentarProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Correta

Regra 10 : SE aceitavelCarboidratos E aceitavelProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Correta

Regra 11 : SE aceitavelCarboidratos E diminuirProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 12 : SE aceitavelCarboidratos E aumentarProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Correta

Regra 13 : SE aceitavelCarboidratos E aceitavelProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Correta

Regra 14 : SE aceitavelCarboidratos E diminuirProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 15 : SE aceitavelCarboidratos E aumentarProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 16 : SE aceitavelCarboidratos E aceitavelProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 17 : SE aceitavelCarboidratos E diminuirProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 18 : SE diminuirCarboidratos E aumentarProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 19 : SE diminuirCarboidratos E aceitavelProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 20 : SE diminuirCarboidratos E diminuirProteinas E aumentarLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 21 : SE diminuirCarboidratos E aumentarProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 22 : SE diminuirCarboidratos E aceitavelProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 23 : SE diminuirCarboidratos E diminuirProteinas E aceitavelLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 24 : SE diminuirCarboidratos E aumentarProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 25 : SE diminuirCarboidratos E aceitavelProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Regra 26 : SE diminuirCarboidratos E diminuirProteinas E diminuirLipidios
ENTÃO Incorreta

Base de Regras para Diagnóstico Diário por Refeição

Regra 0 : SE aumentarCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E aumentarJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 1 : SE aceitavelCafeManha E aceitavelColacaoUm E aceitavelAlmoco E aceitavelColacaoDois E aceitavelJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 2 : SE diminuirCafeManha E diminuirColacaoUm E diminuirAlmoco E diminuirColacaoDois E diminuirJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 3 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 4 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E aumentarAlmoco5 E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 5 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E aumentarAlmoco E diminuirColacaoDois E aumentarJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 6 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E aumentarAlmoco E diminuirColacaoDois E diminuirJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 7 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E aumentarAlmoco E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 8 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E diminuirAlmoco E diminuirColacaoDois0 E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 9 : SE aumentarCafeManha E diminuirColacaoUm E aceitavelAlmoco E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 10 : SE diminuirCafeManha E diminuirColacaoUm E aceitavelAlmoco E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 11 : SE aumentarCafeManha E diminuirColacaoUm E aceitavelAlmoco E diminuirColacaoDois E aumentarJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 12 : SE aumentarCafeManha E diminuirColacaoUm E aceitavelAlmoco E diminuirColacaoDois E diminuirJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 13 : SE diminuirCafeManha E diminuirColacaoUm E aceitavelAlmoco E diminuirColacaoDois E aumentarJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 14 : SE diminuirCafeManha E diminuirColacaoUm E aceitavelAlmoco E diminuirColacaoDois E diminuirJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 15 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E aumentarAlmoco E diminuirColacaoDois E aumentarJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 16 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E aumentarAlmoco E diminuirColacaoDois E diminuirJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 17 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E diminuirAlmoco E diminuirColacaoDois E aumentarJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 18 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E diminuirAlmoco E diminuirColacaoDois E diminuirJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 19 : SE aumentarCafeManha E diminuirColacaoUm E aumentarAlmoco E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 20 : SE diminuirCafeManha E diminuirColacaoUm E aumentarAlmoco E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 21 : SE aumentarCafeManha E diminuirColacaoUm E diminuirAlmoco E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 22 : SE diminuirCafeManha E diminuirColacaoUm E diminuirAlmoco E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Inadequada

Regra 23 : SE aceitavelCafeManha E aceitavelColacaoUm E aceitavelAlmoco E aceitavelColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 24 : SE aceitavelCafeManha E aceitavelColacaoUm E aceitavelAlmoco E aceitavelColacaoDois E aceitavelJantar E diminuirColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 25 : SE aceitavelCafeManha E aceitavelColacaoUm E aceitavelAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 26 : SE aceitavelCafeManha E aceitavelColacaoUm E aceitavelAlmoco E diminuirColacaoDois E aceitavelJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 27 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E aceitavelAlmoco E aceitavelColacaoDois E aceitavelJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 28 : SE aceitavelCafeManha E diminuirColacaoUm E aceitavelAlmoco E aceitavelColacaoDois E aceitavelJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 29 : SE aumentarCafeManha E aceitavelColacaoUm E aumentarAlmoco E aceitavelColacaoDois E aumentarJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 30 : SE diminuirCafeManha E aceitavelColacaoUm E diminuirAlmoco E aceitavelColacaoDois E diminuirJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 31 : SE aumentarCafeManha E aceitavelColacaoUm E aceitavelAlmoco E aceitavelColacaoDois E aumentarJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 32 : SE diminuirCafeManha E aceitavelColacaoUm E aceitavelAlmoco E aceitavelColacaoDois E aumentarJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 33 : SE aumentarCafeManha E aceitavelColacaoUm E aceitavelAlmoco E aceitavelColacaoDois E diminuirJantar E aceitavelColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 34 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E aumentarJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 35 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E diminuirJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 36 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 37 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E diminuirAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 38 : SE aumentarCafeManha E aumentarColacaoUm E aceitavelAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 39 : SE diminuirCafeManha E aumentarColacaoUm E aceitavelAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Correta

Regra 40 : SE aumentarCafeManha E aumentarColacaoUm E aceitavelAlmoco E aumentarColacaoDois E aumentarJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 41 : SE aumentarCafeManha E aumentarColacaoUm E aceitavelAlmoco E aumentarColacaoDois E diminuirJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 42 : SE diminuirCafeManha E aumentarColacaoUm E aceitavelAlmoco E aumentarColacaoDois E aumentarJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 43 : SE diminuirCafeManha E aumentarColacaoUm E aceitavelAlmoco E aumentarColacaoDois E diminuirJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 44 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E aumentarJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 45 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E diminuirJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 46 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E diminuirAlmoco E aumentarColacaoDois E aumentarJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 47 : SE aceitavelCafeManha E aumentarColacaoUm E diminuirAlmoco E aumentarColacaoDois E diminuirJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 48 : SE aumentarCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 49 : SE diminuirCafeManha E aumentarColacaoUm E aumentarAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 50 : SE aumentarCafeManha E aumentarColacaoUm E diminuirAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta

Regra 51 : SE diminuirCafeManha E aumentarColacaoUm E diminuirAlmoco E aumentarColacaoDois E aceitavelJantar E aumentarColacaoTres ENTÃO Incorreta